

Il suolo

- È la pellicola più superficiale della geosfera (qualche metro)
- Nomenclatura: i geologi considerano il materiale non consolidato al di sopra del substrato roccioso; per gli agronomi è il materiale che supporta la crescita delle piante, distinto dal regolite.
- E' una RISORSA (vegetazione, agricoltura) da gestire, ma non da sfruttare.
- Se ne occupa la Pedologia...(Scienze Agrarie, Scienze Forestali, Geologia, Ingegneria).

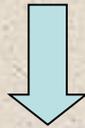


Sistema suolo

Atmosfera **Biosfera** **Litosfera**

↙ ↕ ↘
interazione processi fisico-chimici

↕
scambio energia e materia.



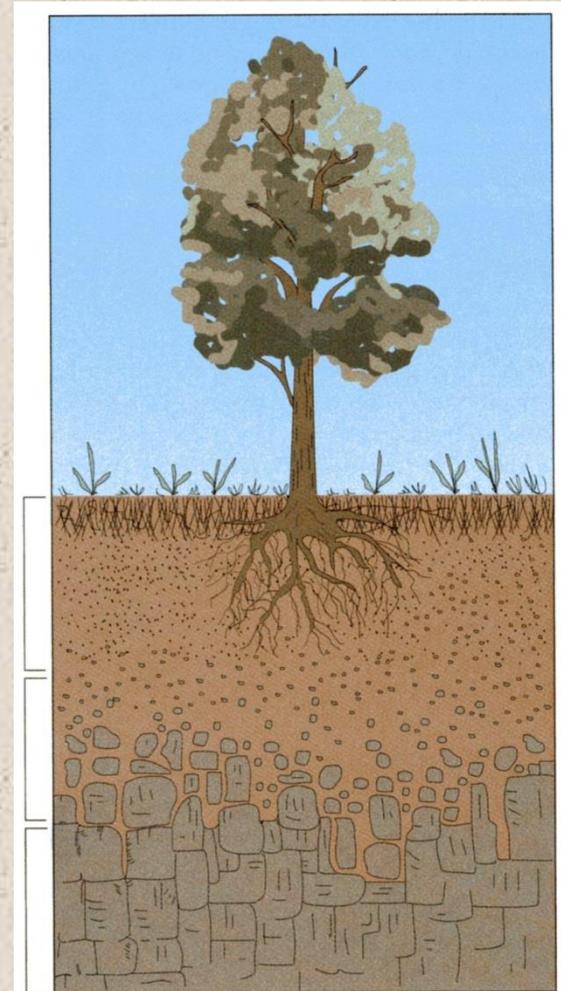
SUOLO

**sistema dinamico ed aperto
in continua evoluzione**

suolo

regolite

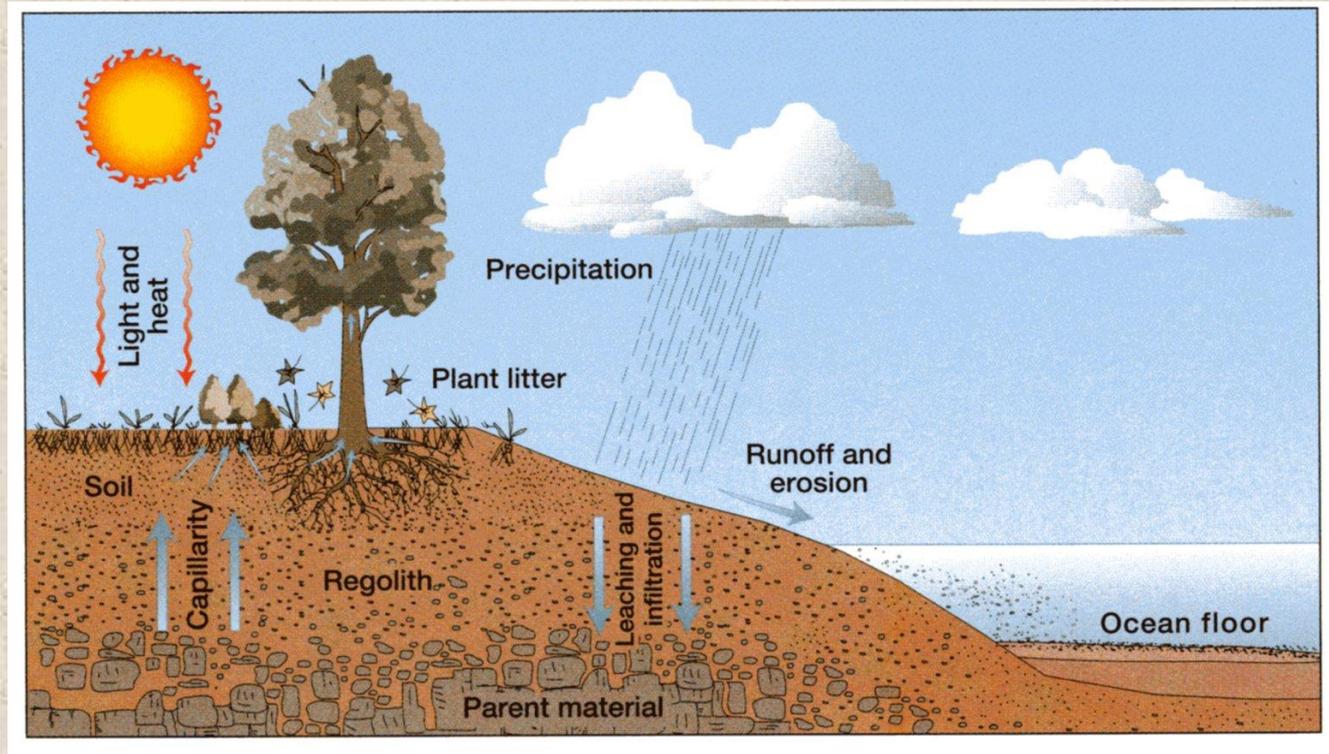
**roccia
madre**



Sistema suolo

Il punto di partenza?

la roccia madre



Acqua: favorisce i processi di alterazione (idrolisi, idratazione, ossidazione, riduzione)

Sostanza organica: la decomposizione produce humus, nutrienti ed acidi organici

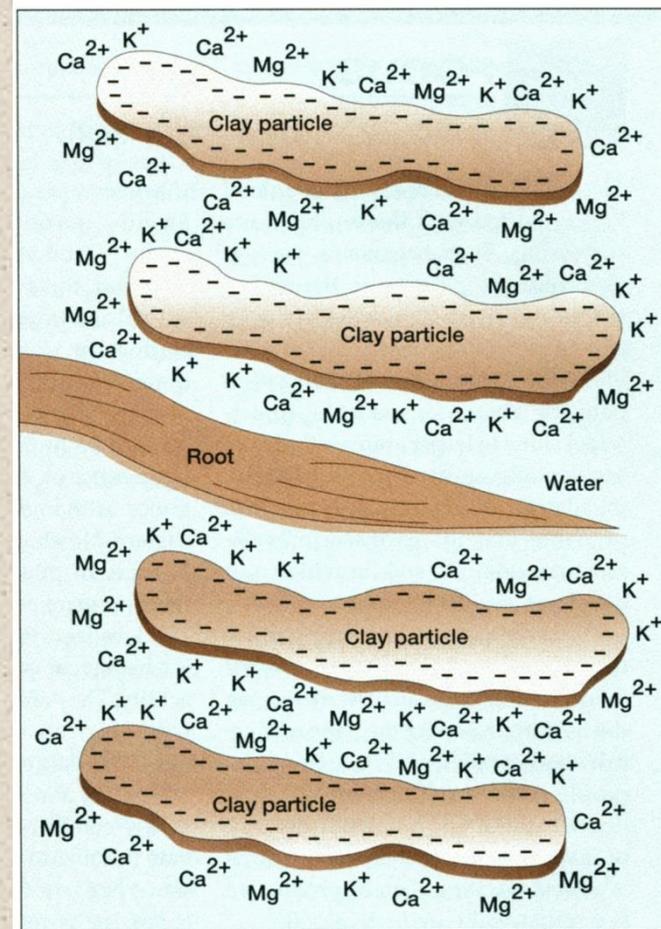
Energia solare: fornisce l'energia per i processi fisici, chimici e biologici

Gravità: contribuisce alla distribuzione dei materiali

Le componenti del suolo – 1(a)

Sostanza inorganica o minerale

- **Struttura cristallina (es. $\text{Al}(\text{OH})_3$, *gibbsite*) o amorfa.**
- **Grande varietà di minerali (sabbia > quarzo; silt > feldspati, miche)**
- **Minerali argillosi: cariche negative sulla superficie influenzano la capacità di contrarsi e gonfiarsi, quindi di attrarre e trattenere cationi e nutrienti**



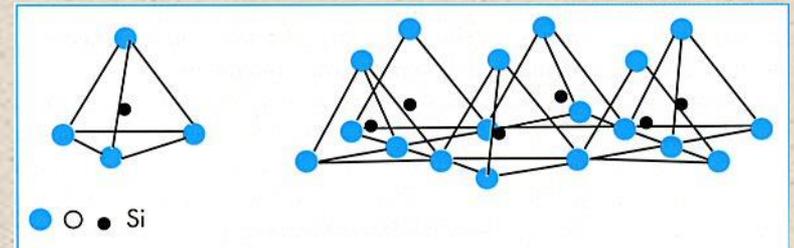
Le componenti di un suolo – 1(b)

Le argille (definizioni)

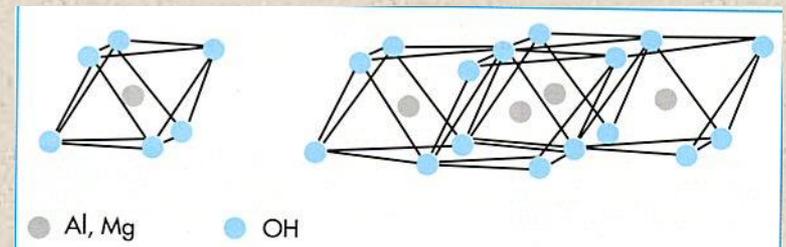
- *mineralogica: gruppo di silicati idrati a struttura foliare (fillosilicati)*
- *sedimentologica: frazione < 4 (o 2) μm*
- *petrografica: rocce costituite da minerali argillosi (ma anche ossidi-idrossidi, quarzo)*
- *uso comune: materiale naturalmente plastico*

Struttura foliare

tetraedrica: Si o Al cationi centrali e O coordinati



ottaedrica: Al, Mg, Fe, Mn cationi centrali e O o OH coordinati

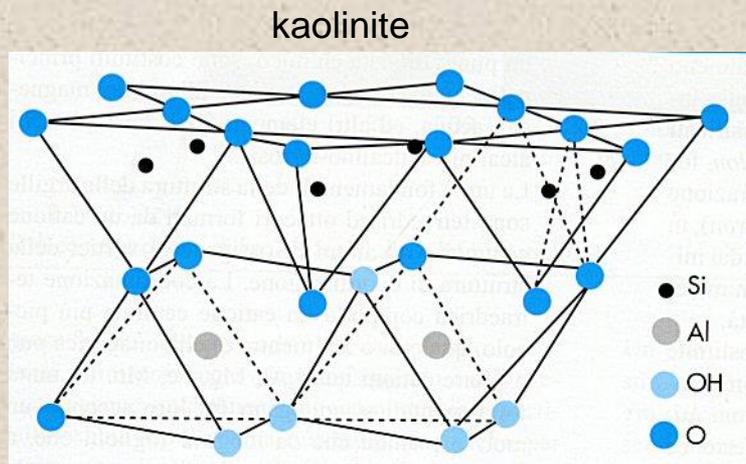


Struttura planare con sviluppo “normale” al piano tramite condivisione di atomi di O o altri elementi

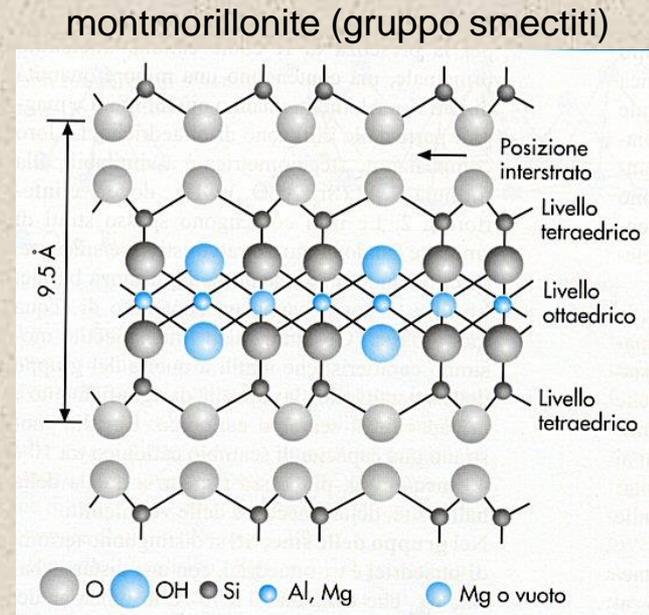
Le componenti di un suolo – 1(c)

I minerali della argille si diversificano sulla base delle diverse combinazioni dei foglietti tetraedrici ed ottaedrici e sulla distanza basale

- *Combinazione T-O: gruppo delle kaolinite*
- *Combinazione T-O-T: gruppo delle Illiti, smectiti e vermiculiti*



*Non presenta eccesso o difetto di carica
Sostituzioni limitate
Bassa capacità di scambio ionico o
adsorbimento*

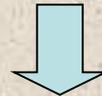
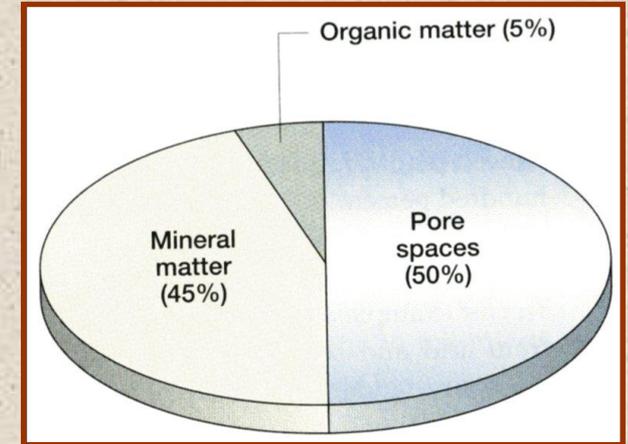


*Si “espandono” per entrata di molecole H₂O
negli spazi interstrato
Più elevata capacità di scambio ionico in
funzione delle particelle e delle dimensioni del
catione*

Le componenti del suolo - 2

Sostanza organica

- **Generalmente più abbondante in superficie (colore scuro)**
- **Accumulo di spoglie animali e vegetali**



Decomposizione

lenta

**composto colloidale amorfo di colore bruno (humus): acidi umici e fulvici ed umina.
sviluppo CO_2 > soluzioni acide negli orizzonti superficiali dei suoli.**

veloce

completa mineralizzazione

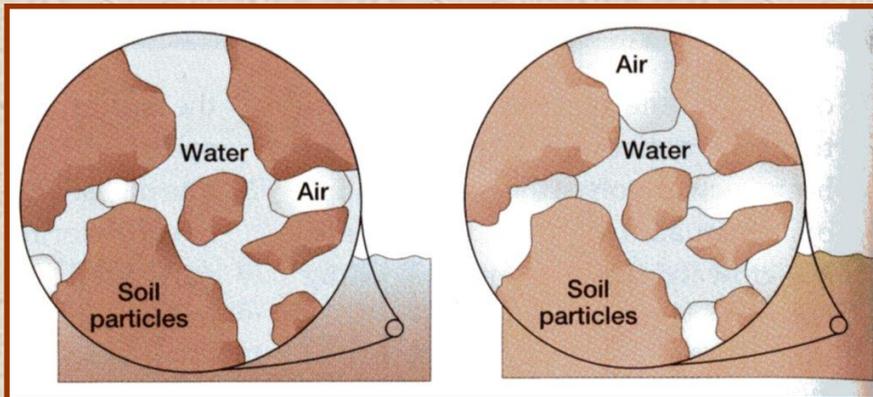


composti solubili e gassosi, NH_3 , CO_2 , nitrati, solfati

Le componenti del suolo - 3

Aria

- 50% del suolo mediamente è caratterizzato da vuoti (pori) intercomunicanti tra le particelle
- Il rapporto tra acqua ed aria nei vuoti è variabile
- E' sorgente di O_2 per le radici e la respirazione microbica



rimozione O_2



arricchimento CO_2
(100x atmosfera)

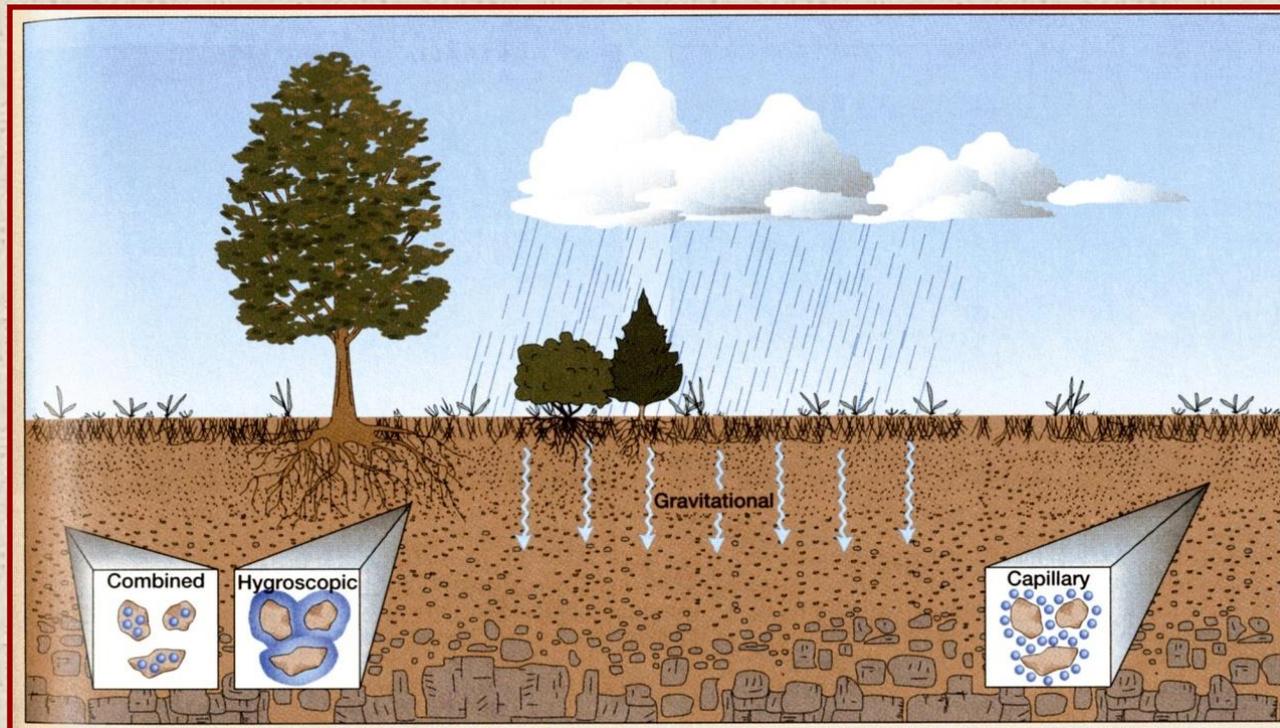


variazione
stato di ossidazione
(colore)

Le componenti del suolo - 4

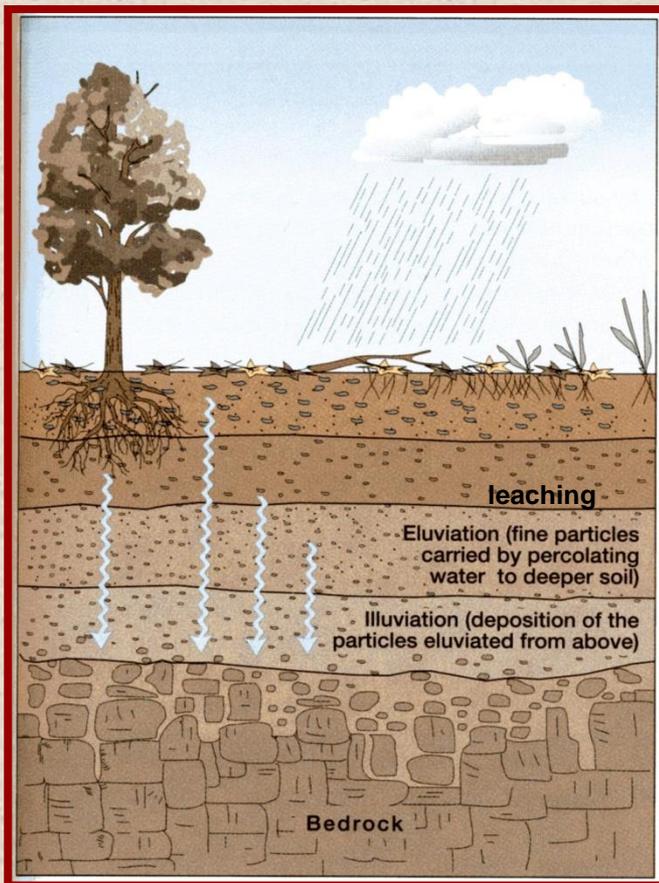
Acqua

- **Apporti:** precipitazioni (infiltrazione e percolazione) e falda acquifera (capillarità)
- **Perdite:** scorrimento superficiale, evaporazione, evapotraspirazione, infiltrazione profonda, assorbimento radicale
- **4 tipi:** di percolazione, reticolare, igroscopica, capillare



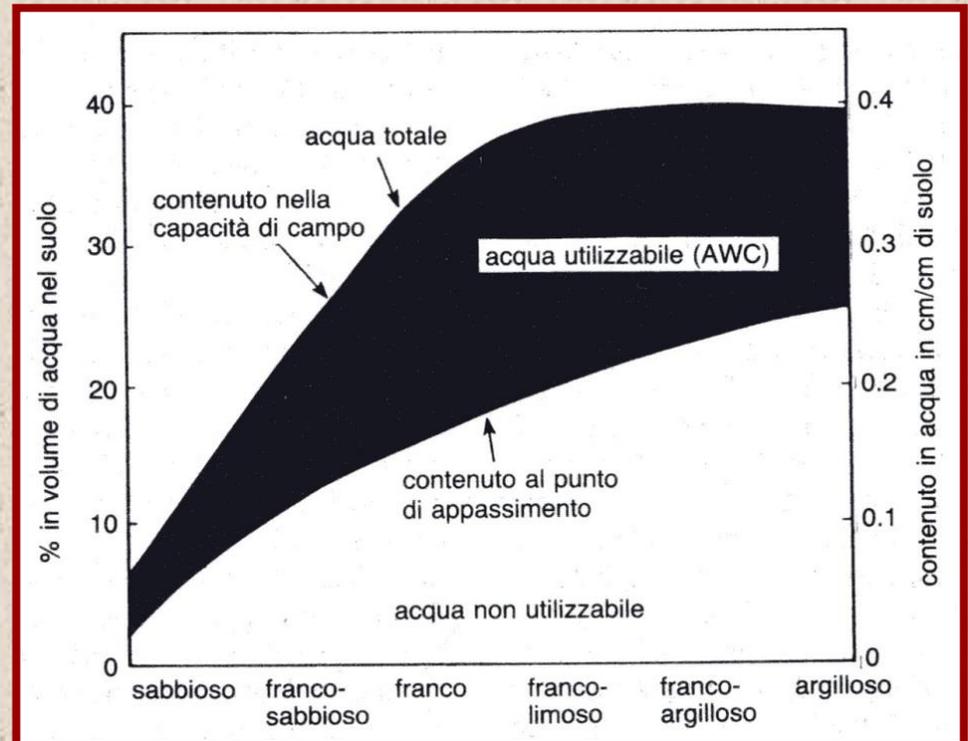
Effetti dell'acqua nel suolo

Lisciviazione
Eluviazione
Illuviazione



Utilizzo dell'acqua del suolo

Capacità di campo
Acqua utilizzabile
Punto di avvizzimento



Fattori che influenzano la formazione dei suoli

- 1) **Geologia (roccia madre)**: tipologia della roccia madre (sedimentaria, magmatica, metamorfica) → tessitura, struttura e composizione del suolo; composizione mineralogica → velocità di degradazione e formazione del suolo e nutrienti.
- 2) **Morfologia**: pendenza → spessore del suolo (f grado di erosione / accumulo). Determina il prevalere dell'infiltrazione sul ruscellamento superficiale delle acque piovane. Esposizione del versante.
- 3) **Clima**: temperatura e umidità hanno la maggior influenza sulla formazione dei suoli: se elevate accelerano i processi di alterazione; (sost. organica, minerali presenti, pH, colore, distribuzione elementi)
- 4) **Attività biologica**: apparati radicali delle piante > infiltrazione di acqua ed aerazione; gallerie; vermi; attività microbiologica (batteri, funghi, ecc.)
- 5) **Fattore Tempo**: legato alla velocità di trasformazione dei componenti

Le rocce costituite da minerali più facilmente alterabili producono suoli più profondi e in un tempo minore

in 1000 anni.... Feldspati
Pirosseni ed olivine
Anfiboli
Carbonati
Fosfati
Solfati

in 100.000 – 1.000.000 anni.... Quarzo
Tormalina
Granato
Muscovite
Rutilo
Zircone

Tipologia della roccia madre - 1

Rocce sedimentarie

Incoerenti

permeabilità	elevata
cementazione	scarsa
profilo	sviluppato e profondo

loess → minerali alterabili → elevata disponibilità di riserve minerali

argille → bassa permeabilità → suoli poco profondi, scarsamente lisciviati

Coerenti

arenarie → quarzo e feldspati con cementi di varia natura

→ suoli a tessitura grossolana e discreta permeabilità, profili profondi, lisciviati, sensibile differenziazione degli orizzonti

rocce carbonatiche → residuo prevalentemente silicatico («terra rossa»)

Tipologia della roccia madre - 2

Rocce magmatiche e rocce metamorfiche

Chiare → *Graniti, gneiss*

sono generalmente più attaccabili perché a grana grossolana suoli profondi, più permeabili, lisciviati, tessitura grossolana, «arrossati» per il Fe liberato.

Micascisti e filladi → danno origine a suoli a tessitura fine, tendenzialmente acidi, ricchi in K, Al e Mg.

Scure → *Gabbri, dioriti, andesiti, basalti, rocce metamorfiche ricche in Fe ed in Mg*

sono caratterizzate da minerali facilmente alterabili (pirosseni, plagioclasti) e danno origine a suoli profondi, rosso scuro e tessitura fine.

Ceneri e cineriti vulcaniche:

Danno origine a suoli profondi, caratterizzati da *allofane*, allumosilicato amorfo (Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , H_2O) che ha la proprietà di formare composti con la sostanza organica.

I suoli hanno buona sofficità, buona umificazione. Alta capacità di ritenzione idrica e di scambio, untuoso al tatto.

- L'erosione del suolo -

Agenti erosivi = inducono il processo erosivo

acqua (piovana e di ruscellamento)

vento

ghiaccio (localmente e saltuariamente)

Fattori influenzanti i processi erosivi:

tipo di suolo (permeabilità, grado d'infiltrazione)

topografia (inclinazione del pendio > gravità)

copertura vegetale

interventi antropici



L'acqua come agente erosivo

Il ruolo dell'acqua è fondamentale laddove non riesce ad infiltrarsi nel terreno

Importanza dell'**intensità**, della **stagionalità** oltre che della **quantità** delle **precipitazioni** (erosione maggiore in ambienti aridi e semiaridi).

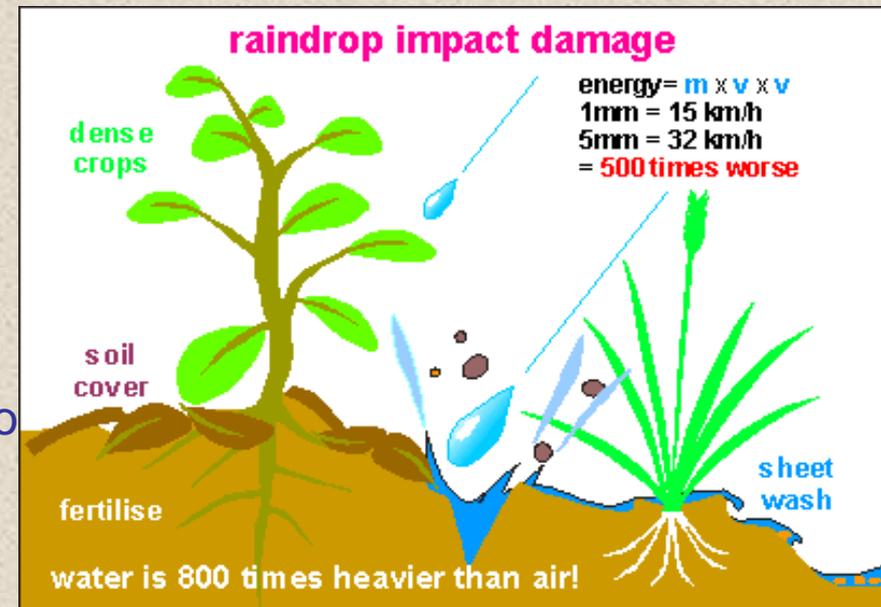
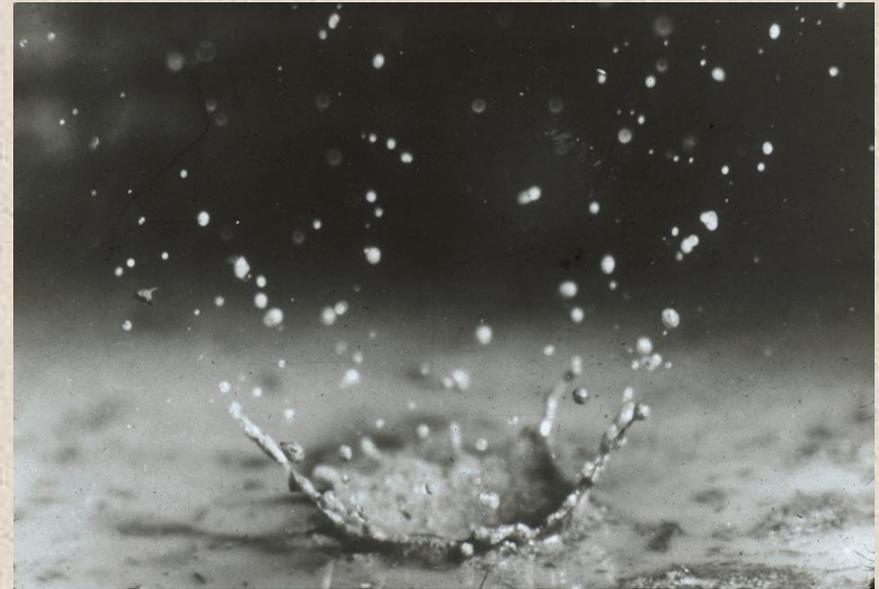
Come agisce l'acqua?

1) Impatto della pioggia sul terreno

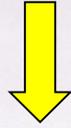


asportazione delle particelle più fini
gocce più grandi > maggior potere distruttivo

maggior efficacia sui terreni acclivi,
limoso-sabbiosi (argille > coesione)



2) Formazione di una lama d'acqua (flussi non confinati)



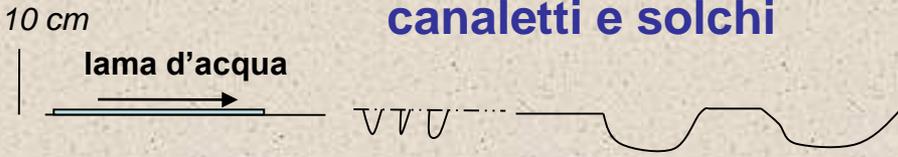
flusso turbolento ($v = 1.5 - 30 \text{ cm/s}$) > erosione



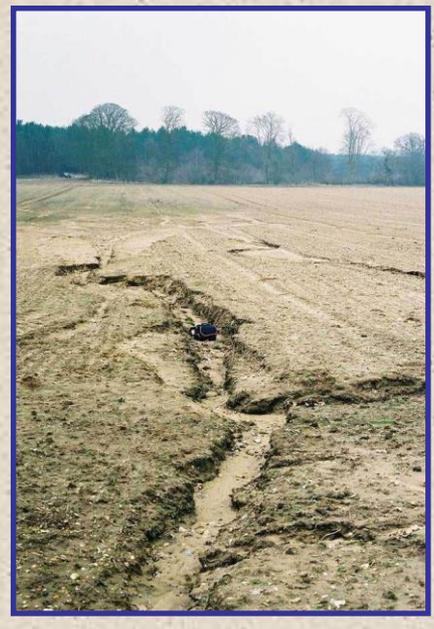
3) L'erosione diventa ruscellamento
 $v > 30 \text{ cm/s}$ e flusso turbolento



canaletti e solchi



**movimenti di massa
(frane e colate)**



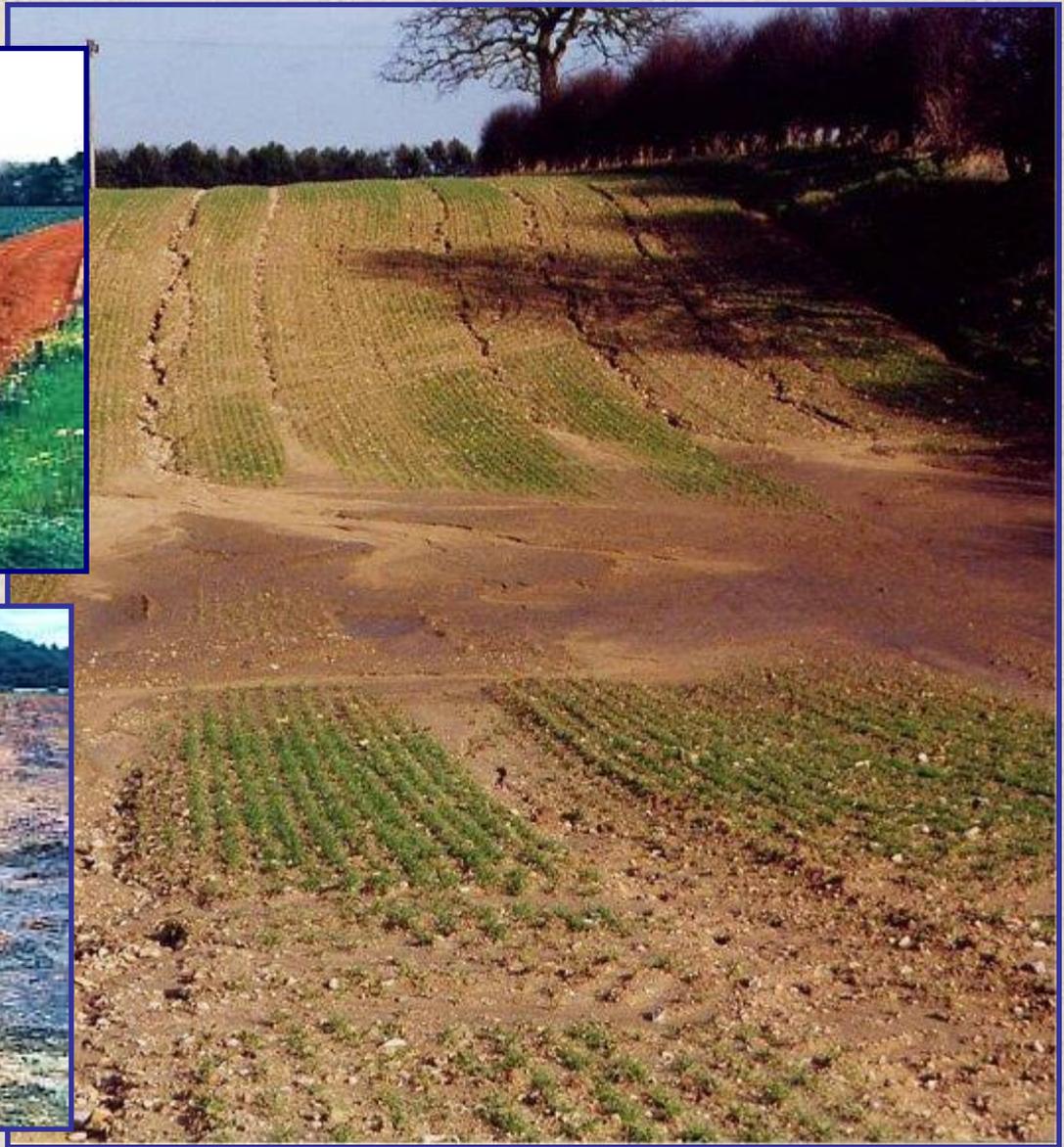


Da cosa dipende l'erodibilità del suolo?

- tessitura
- capacità d'infiltrazione
- contenuto di sostanza organica > collante
- composizione chimica e contenuto d'acqua
- vegetazione (naturale e coltivazioni)



L'erosione del suolo



Effetti del ruscellamento su campi coltivati a "ritocchino"

Misure di conservazione contro l'erosione idrica

- a) Contour farming or ploughing (sistemazione a girapoggio) -

Disposizione delle piantagioni e conseguente aratura lungo le curve di livello

Pendii non troppo inclinati e suoli profondi e ben drenati.

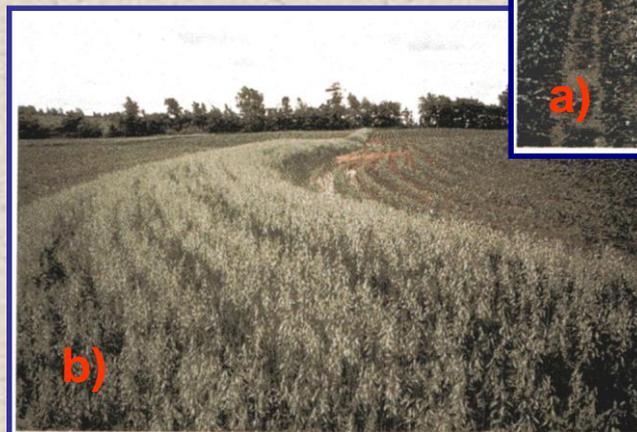


- b) Strip farming or cropping -

Alternanza di strisce coltivate a strisce di erba

Pendii troppo ripidi per il terrazzamento (fino a 10°)

La larghezza delle strisce si riduce all'aumentare delle pendenze



Come si forma un suolo?

Degradazione meteorica della roccia



MECCANICA



CHIMICA

processi
iniziali

**Termoclastismo
Crioclastismo
(Aloclastismo)**

**Idratazione
Dissoluzione
Idrolisi**

**Ossidazione
Riduzione
Chelazione**



prodotti
di alterazione

**minerali resistenti
prodotti di alterazione**

**ioni in soluzione
humus, composti azotati
acidi organici**



processi
pedogenetici

**mobilizzazione
trasformazione
trasferimento
rideposizione**

**lisciviazione
pedoturbamento
podzolizzazione
gleizzazione
laterizzazione
salinizzazione
carbonatazione**



SUOLO

Degradazione meteorica della roccia

Idratazione/deidratazione



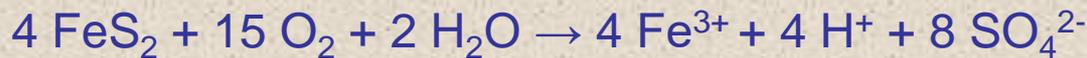
Dissoluzione



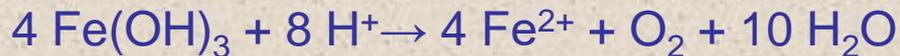
Idrolisi



Ossidazione



Riduzione



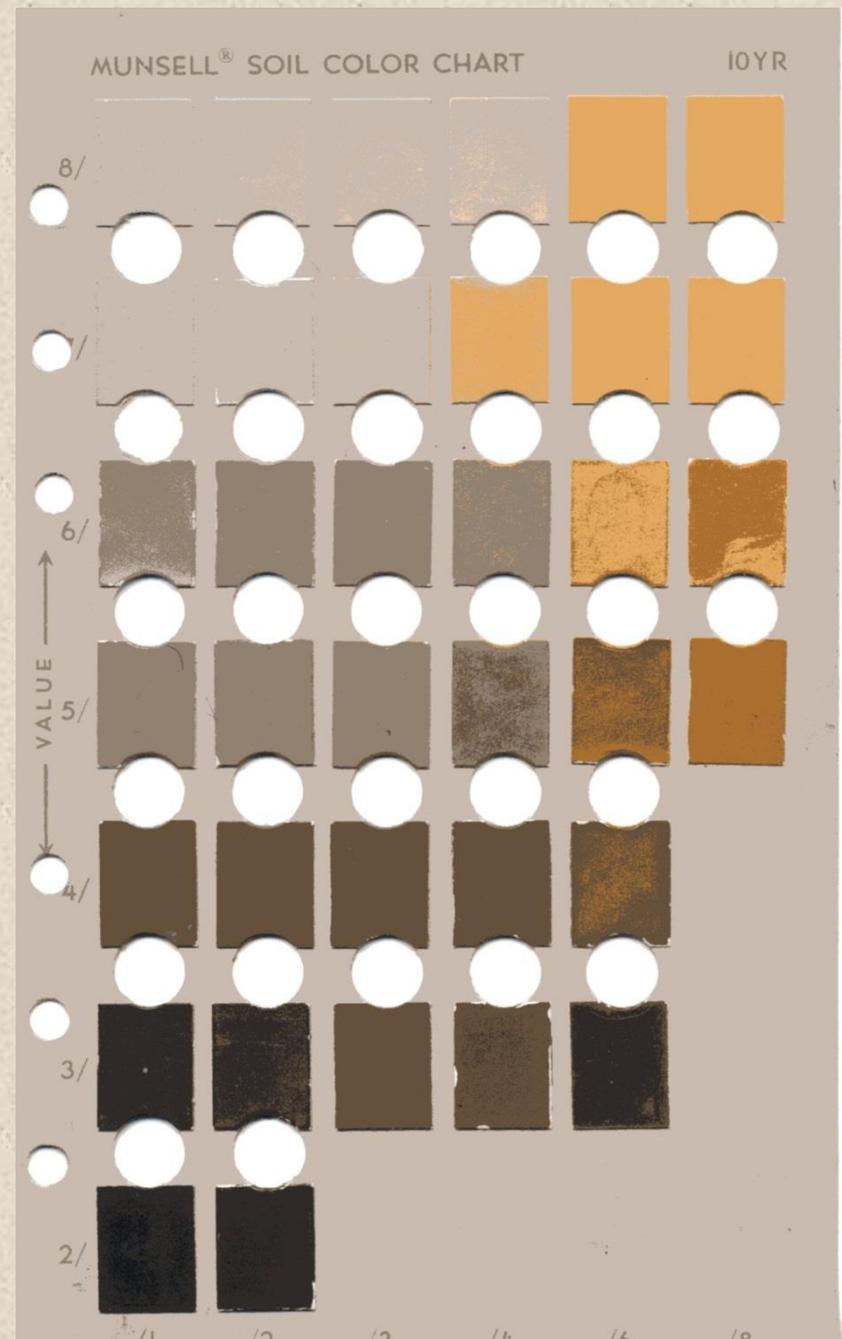
Chelazione Fe, Al, Ca, Si + acidi organici (es. citrico, ossalico)

Proprietà fisiche di un suolo: il colore

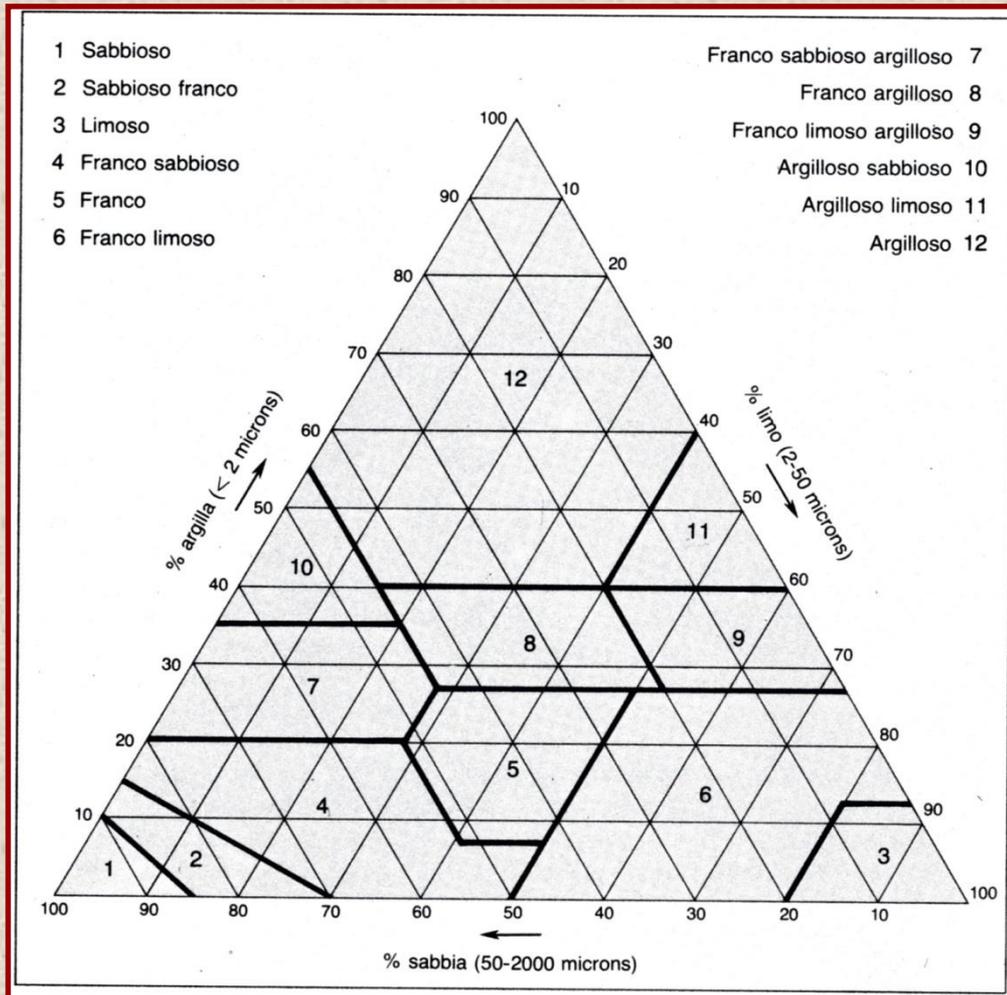
- Riflette le caratteristiche composizionali originarie
- Dipende dall'umidità.
- Dipende dalla sostanza organica:
+ sostanza organica → suoli marroni o neri.
- Dipende dallo stato di ossidazione: se **rosso** → terreni ricchi in Fe ossidato, buon drenaggio
giallo → ossidazione e drenaggio medi
grigio-verde → terreni ridotti e drenaggio scarso

175 gradazioni di colore

I principali: nero, marrone, rosso, giallo, grigio e bianco



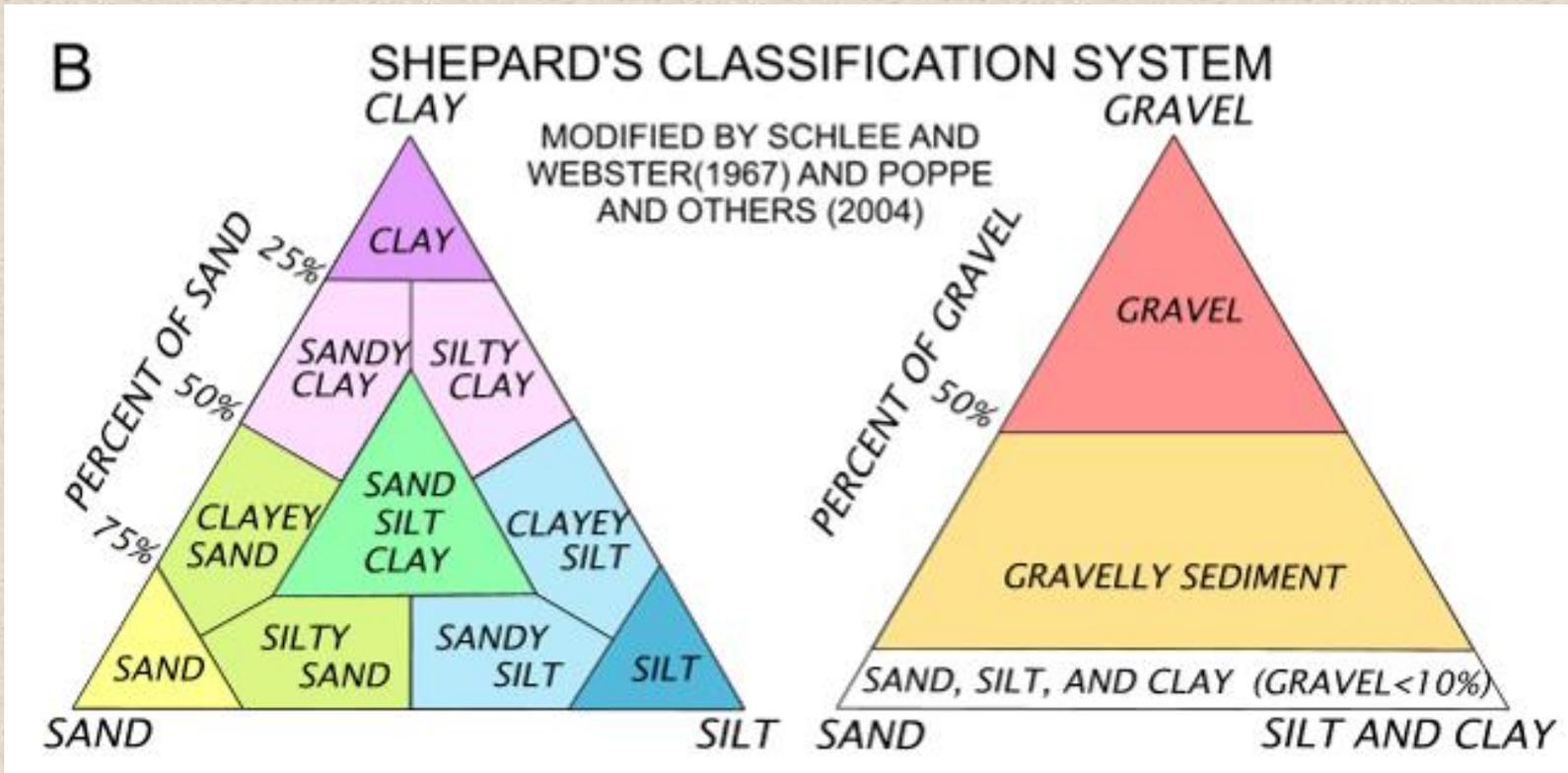
Proprietà fisiche di un suolo: la tessitura

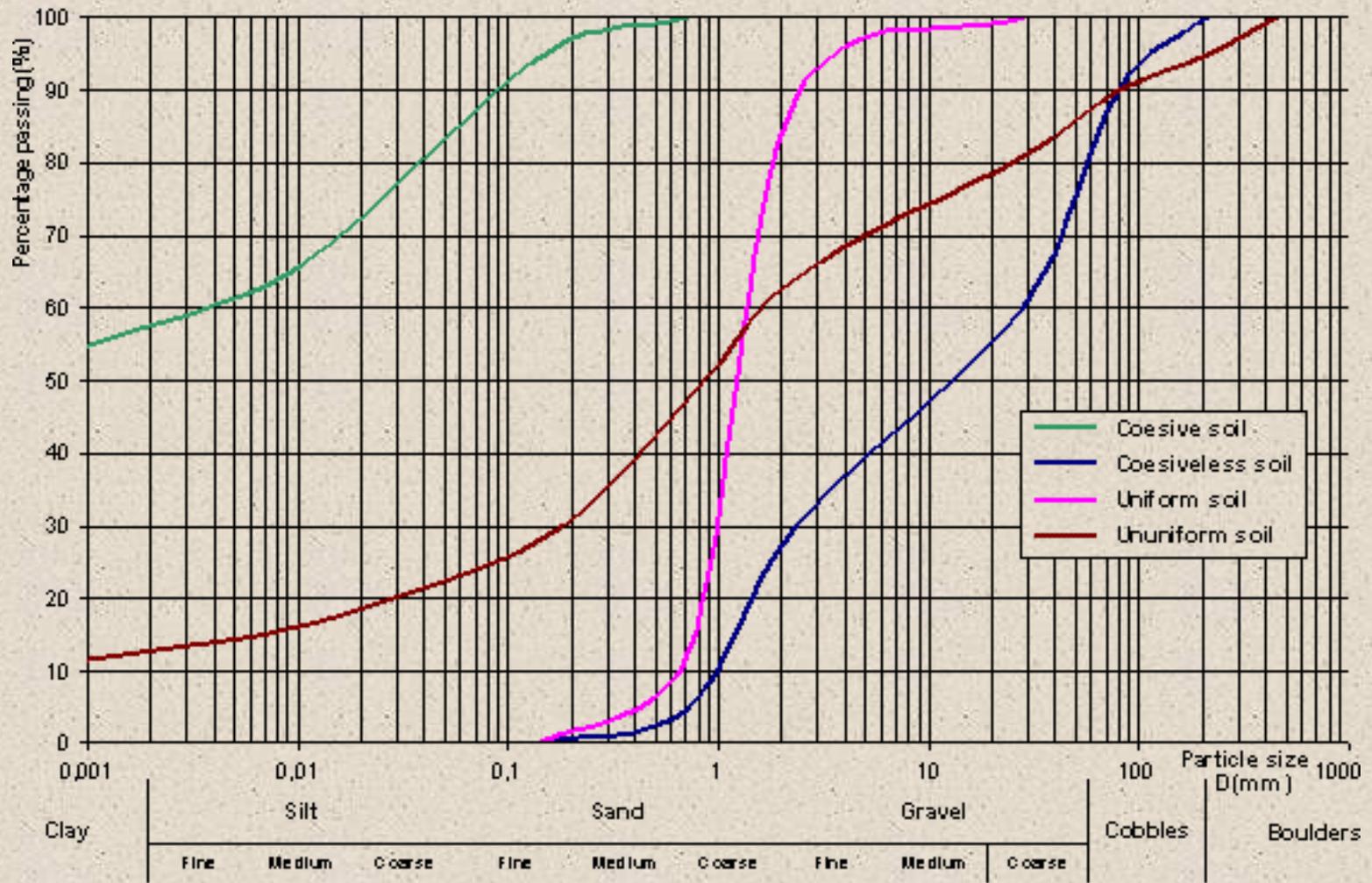


- **sabbia - sand (2 - 0.050 mm)**
chimicamente inerte
resistente all'abrasione
quarzo (+) feldspati, miche (-)
superficie angolare e irregolare
- **limo - silt (0.050 - 0.002 mm)**
mediamente inerte
quarzo (+) minerali primari
ossidi di Fe e Al
superficie sferica ed abrasa
- **argilla - clay (< 0.002 mm)**
chimicamente attiva
fillosilicati (regione temperate)
ossidi di Fe e Al (tropic)
- **scheletro > 2 mm**

Classificazione del suolo USDA (United States Dept. of Agriculture)

Sediment ternary classification scheme modified from Shepard (1954)





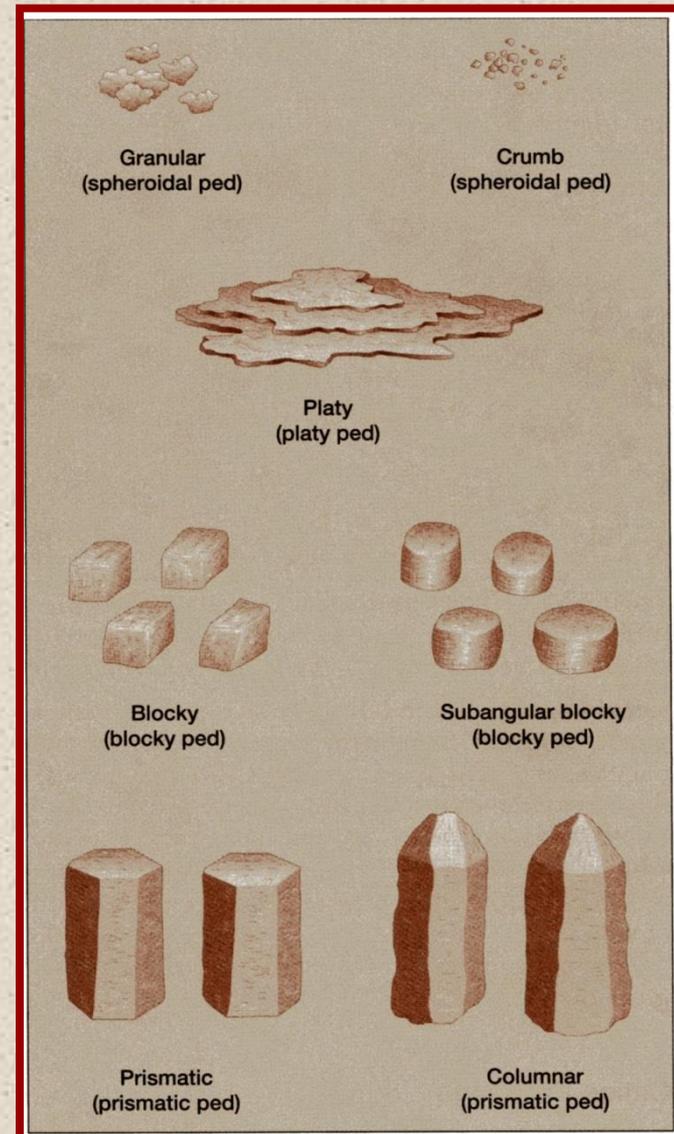
Example of particle size distribution curves and classification according to British Standard

Proprietà fisiche di un suolo: la struttura e la porosità

- Le particelle del suolo formano degli **aggregati** o **unità tessiturali** (*peds*)
- Il collante è costituito dalla sostanza organica e dagli ossidi di Fe ed Al
- La struttura influenza porosità, drenaggio e fertilità
- porosità $P = (1 - d'/d) \times 100$
 d' densità apparente (m/V totale)
 d densità solido (m/V solido)
(45-60 % del volume)
- Umidità: $U_t = ((P_u - P_s)/P_u) \times 100$
e grado di saturazione

P_u peso umido

P_s peso secco



Proprietà chimiche di un suolo - 1

Macronutrienti

- H, O, C N
- P, K, Ca, Mg, S

Micronutrienti

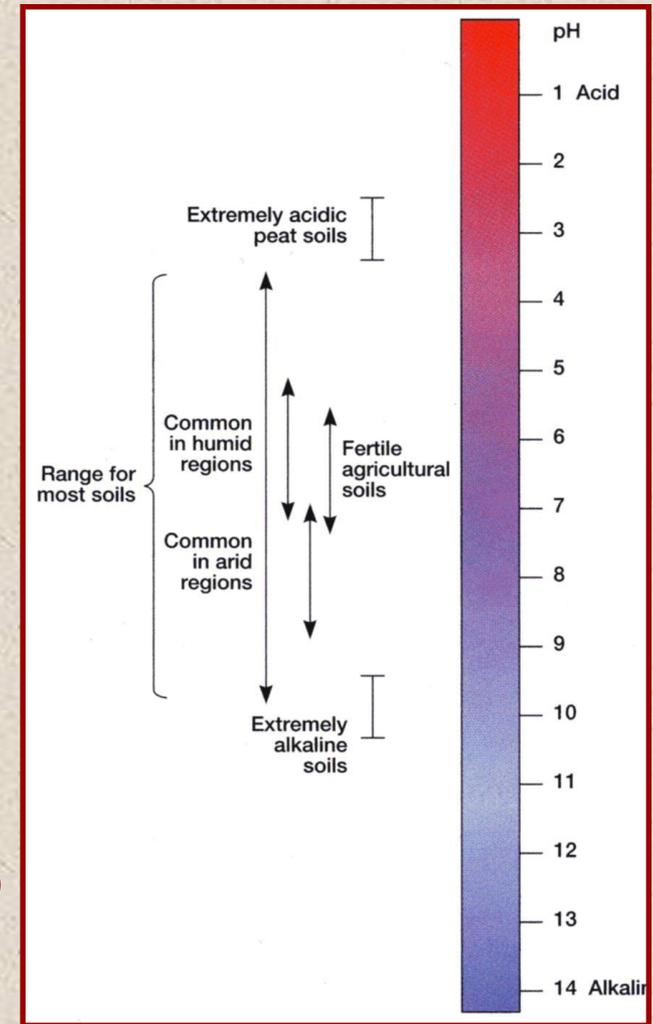
- Cl, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo, Ni

Altri elementi: essenziali solo per alcune piante

- Na, Co, V, Si

Acidità/alcalinità (pH): condiziona l'assorbimento dei nutrienti ed attività microbatterica

- Es. elevata alcalinità → Fe, Mn e Zn meno solubili e disponibili
- Microorganismi influenzanti la ridistribuzione del N, P e S preferiscono un pH≈7



Proprietà chimiche di un suolo - 2

Fertilità: capacità di fornire elementi essenziali alle piante

Dipende da:

- Concentrazione e speciazione dei nutrienti
- Adsorbimento (sostanza organica, argille)
- Velocità di migrazione

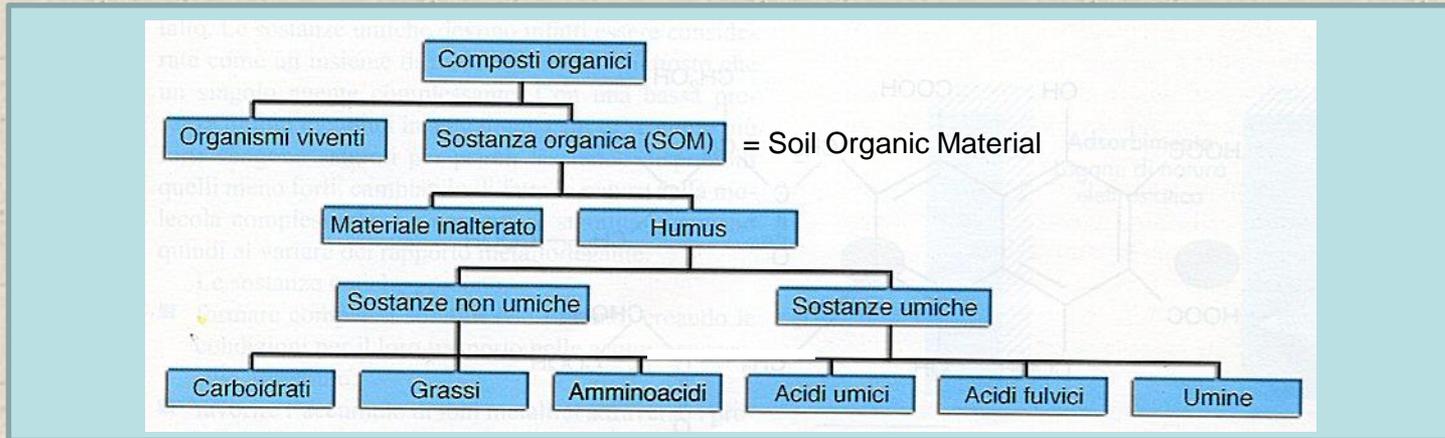


Diverso assorbimento e mobilità per NO_3^- e H_2PO_4^- come fertilizzanti

Minor adsorbimento
Maggiori concentrazioni
Efficacia più estesa
per fertilizzanti al N

Forte adsorbimento
Minori concentrazioni
Efficacia puntuale per
fertilizzanti al P

Proprietà chimiche di un suolo - 3



La sostanza organica controlla la mobilità degli elementi

- Impropiamente definita *humus* (è solo la parte decomposta!).
- L'**humus** favorisce la resistenza all'erosione, la presenza di acqua, fornisce N, P e S alle piante, influenza la microflora e microfauna, aumenta l'azione tampone dei suoli e la capacità di scambio ionico facilitando l'assorbimento dei micronutrienti da parte delle radici.

Sostanze non umiche: basso peso molecolare, distrutte dai microrganismi velocemente (25% del C_{org} disciolto in acque naturali)

Proprietà chimiche di un suolo - 4

Le sostanze umiche: acidi umici, acidi fulvici ed umina

- Elevato peso molecolare, colore scuro, percentuale preponderante
- Alta carica superficiale e capacità di scambio cationico (*CEC, Cationic Exchange Capacity*)
- Resistenti all'attacco microbico!

Acidi umici

- Solubili in condizioni alcaline, precipitano in condizioni acide (pH<2)
- Colore bruno > nero
- Principali componenti estraibili dal suolo

Acidi fulvici

- Solubili in acqua a tutti i valori di pH
- Colore giallo chiaro > giallo bruno

Umina

- Non solubile in acqua a tutti i valori di pH
- Colore nero

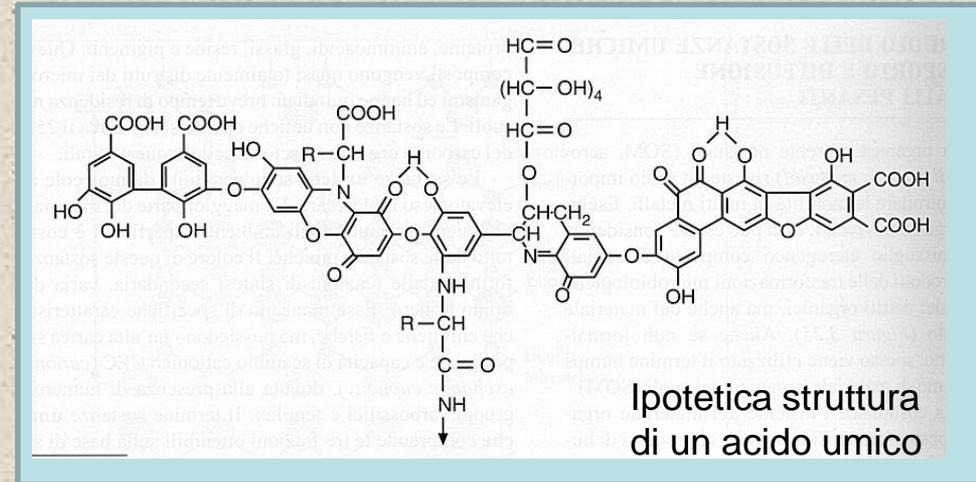
Proprietà chimiche di un suolo – 4b

Le sostanze umiche:

acidi umici, acidi fulvici ed umina

Simili strutturalmente ma presentano differenze in:

- Peso molecolare
- Numero di gruppi funzionali (carbossilici, fenolici)
- Grado di polimerizzazione



Acidi umici

- C aromatico e alifatico in % variabile
- C 50-60%, O 30-35%, H 4-6%, N 2-4%, S 0-2%

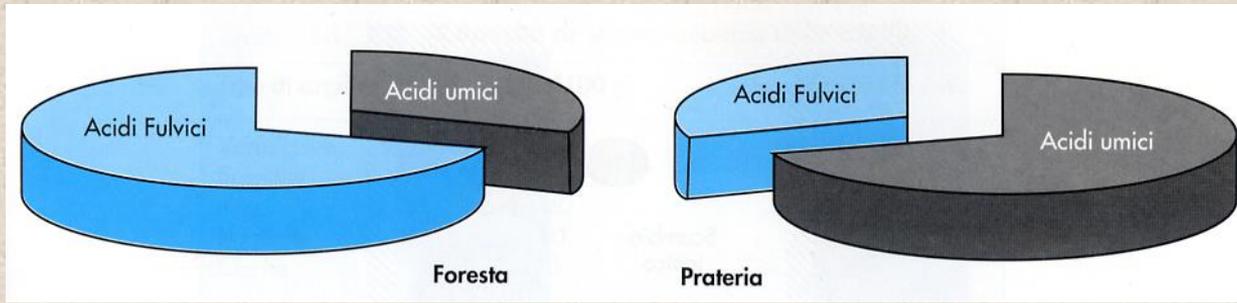
Acidi fulvici

- PM minore
- minore componente aromatica
- C 40-50%, N <1-3%, O 44-50%
- maggior numero di gruppi COOH

Umina

- PM più elevati
- simili nella composizione agli acidi umici

Proprietà chimiche di un suolo – 4c

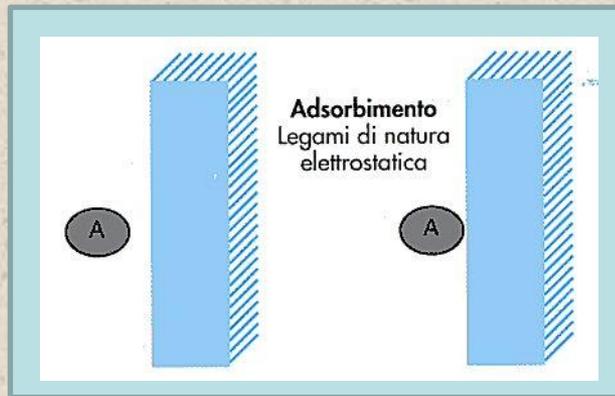


Le sostanze umiche: insieme di molecole leganti la cui variabilità di struttura influenza il legame con i metalli

Possono:

- formare complessi solubili con i metalli creando condizioni per il loro trasporto nelle acque ed successivo accumulo
- favorire l'accumulo attraverso processi di adsorbimento e scambio ionico
- favorire la riduzione chimica di alcuni metalli (es. $\text{Hg}^{+2} > \text{Hg}^0$)
- modificare il comportamento della superficie dei minerali rispetto agli ioni metallici nell'adsorbimento
- ridurre la tossicità di alcuni metalli (es. Cu, Al) per gli organismi acquatici

Proprietà chimiche di un suolo - 5



Argille, ma anche sostanza organica, ossidi ed idrossidi presentano un rapp. Area superficiale/massa elevatissimo (e quindi di densità di carica)



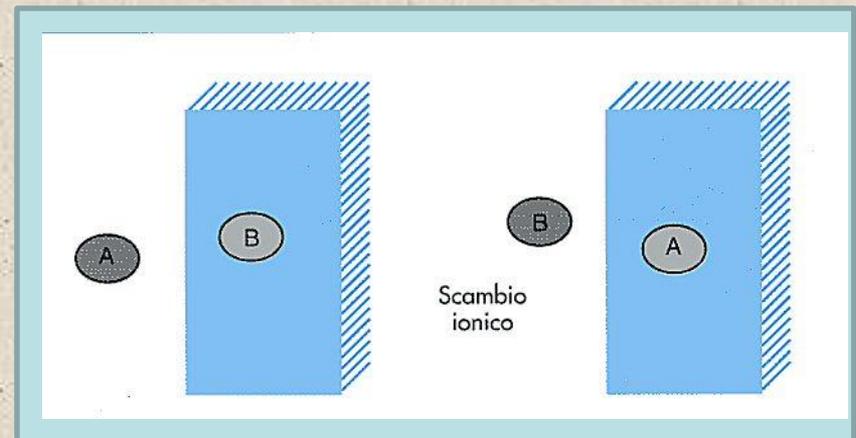
modificano la composizione chimica della acque mediante:

Adsorbimento

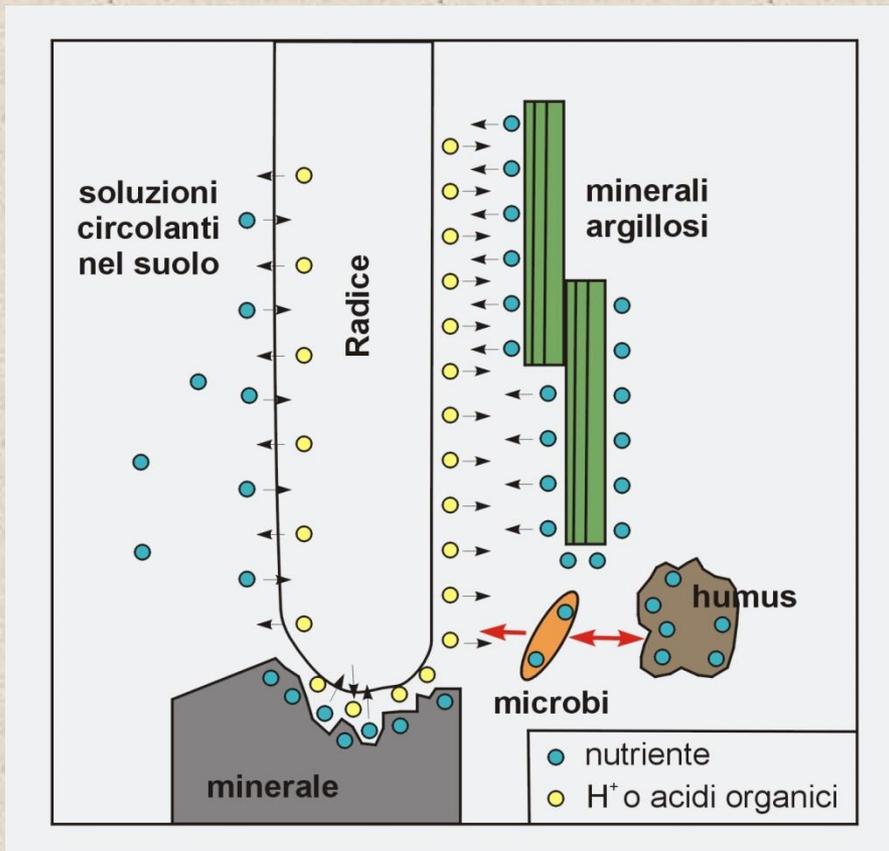
Uno ione aderisce alla superficie del solido per attrazione elettrostatica

Scambio ionico:

Uno ione viene scambiato fra la soluzione ed il solido che ha una superficie elettricamente carica (reversibile!)



Meccanismi di assorbimento di nutrienti da parte delle piante



- Assorbimento diretto dalle soluzioni del suolo
- Attorno alle radici si crea un microambiente acido che favorisce scambio cationico con minerali argillosi o altri minerali
- Formazione di complessi metallo-organici
- Assorbimento mediato da comunità batteriche
- Assorbimento da parti aeree

Proprietà chimiche di un suolo - 6

Lo scambio ionico

La carica superficiale delle particelle di suolo è generata per:

- Sostituzioni isomorfe nel reticolo cristallino delle *argille*: Si^{4+} con Al^{3+} o Al^{3+} con Mg^{2+} ed eccesso di cariche negative compensate da cationi interstrato facilmente scambiabili.
 - Presenza di difetti reticolari nelle *argille*, ad es. una lacuna (o difetto) fra i siti ottaedrici dell' Al^{3+} .
 - Ionizzazione (ossidi) e protonazione (idrossidi)
- Il pH della soluzione può influire sulla carica superficiale cambiandola ma non sempre:
nelle argille con sostituzioni isomorfe (*smectiti e vermiculiti*) la carica è indipendente dal pH;
nella *kaolinite* e negli *ossidi*, invece, carica (-) cresce all'aumentare del pH e viceversa.

Proprietà chimiche di un suolo - 7

Lo scambio ionico

La capacità di un suolo di adsorbire e scambiare cationi o anioni varia con il contenuto e tipo di argilla, di ossidi e di sostanza organica.

La **capacità di scambio cationico (CEC)** è la quantità di cationi espressi in milliequivalenti (meq) scambiabile da 100 g di suolo secco a pH 7

N.B! Maggiore è la concentrazione dello ione in soluzione e minore è la frazione dello ione adsorbito dal solido.

Metalli potenzialmente tossici nei suoli possono essere adsorbiti, e non migrare, solo fino ad un certo punto! Possono anche venir rilasciati se mutano le condizioni di pH.

TABELLA 3.4 Capacità di scambio ionico delle argille

Tipo di argilla	CEC (meq/100 g)	Dipendenza dal pH
Vermiculite	120-200	trascurabile
Smectite	80-150	trascurabile
Illite	10-40	debole
Kaolinite	1-10	forte
Clorite	<10	debole

Proprietà chimiche di un suolo - 8

Acque di irrigazione

Per una buona qualità del suolo e dello sviluppo delle piante le acque di irrigazione devono mantenere:

- Concentrazione di sali solubili
- Proporzione [Na] e altri [cationi] principali
- Concentrazioni contenute di [B] ed altri elementi potenzialmente tossici [EPT]



I sali percolano solo se la quantità d'acqua è superiore a quella che le piante sono in grado di trattenere.

In caso contrario, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , si accumulano nella fascia di ritenzione.

La natura dei sali dipende dalle rocce alterate e dalle successive reazioni fra acqua, suolo e gas.

La salinità delle acque di irrigazione può migliorare la struttura di un suolo (aggregazione) ma anche influenzare negativamente l'assorbimento dell'acqua da parte delle radici delle piante.

Proprietà chimiche di un suolo - 9

Acque di irrigazione

Il Na^+ , riduce l'aggregazione dei granuli disperdendo le particelle di argilla nei vuoti e diminuendo la permeabilità anche per rigonfiamento delle stesse particelle.

Come si esprime la salinità? Come conducibilità in $\mu\text{Siemens/cm}$ (a 25°C)

< $750 \mu\text{S/cm}$: acque soddisfacenti per irrigazione

< $2250 \mu\text{S/cm}$: acque utilizzabili se buon drenaggio

Con l'aumento del Na^+ in soluzione aumenta anche il Na^+ adsorbito. Per valutare la percentuale di Na^+ scambiabile (adsorbito) o stimare il rischio da Na^+ delle acque di irrigazione:

$$\text{Indice SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

“rapporto di adsorbimento del sodio”
(U.S. Soil Salinity Laboratory)

[Na^+] in eq/l

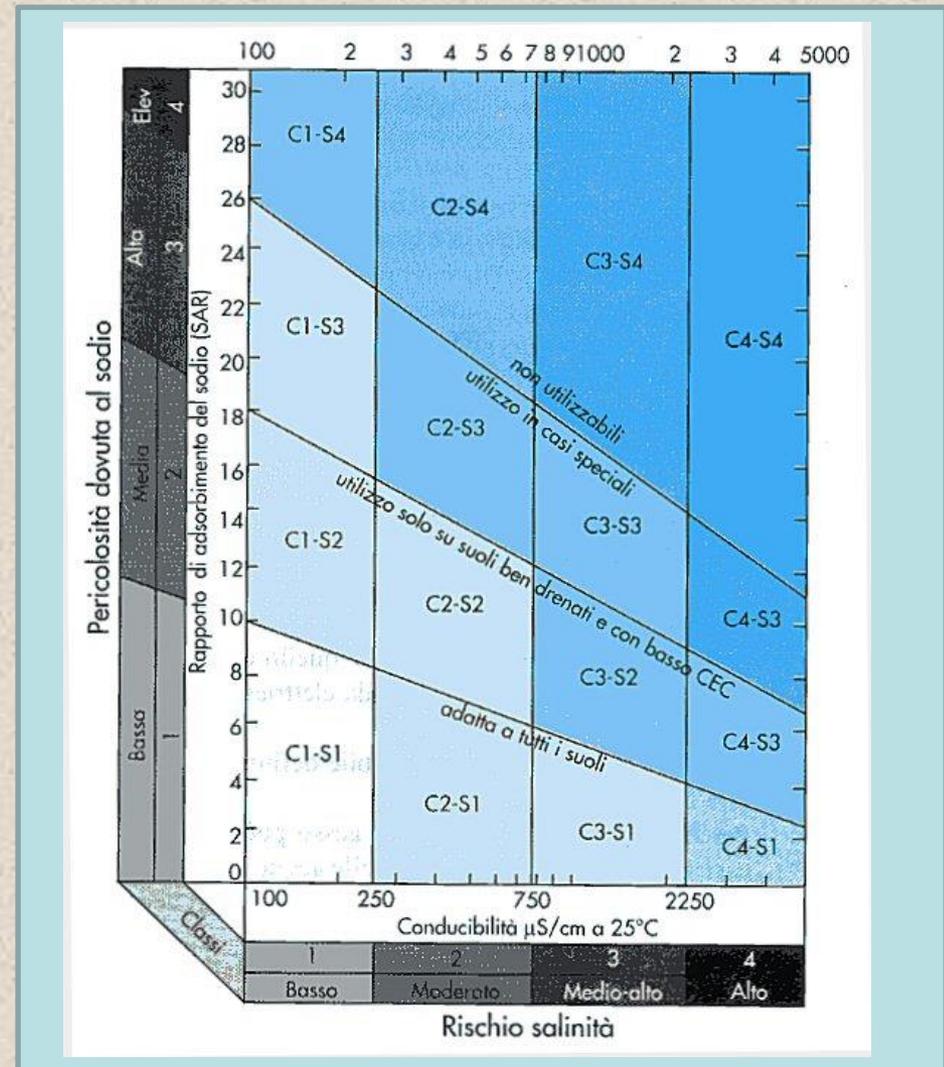
Proprietà chimiche di un suolo - 10

Acque di irrigazione

L'indice **SAR**, insieme alla misura di **conducibilità**, forniscono la base per classificare le acque in riferimento al **rischio salino** e alla **pericolosità** dovuta al Na^+ .

Acque con basso contenuto salino ma ricche in Na^+ possono essere migliorate con l'aggiunta di Ca^{2+} .

N.B! Possibili reazioni modificano (riducono) il contenuto di ioni Ca e Mg , come, ad esempio, la precipitazione dei carbonati per effetto dei processi di evaporazione e traspirazione delle piante.

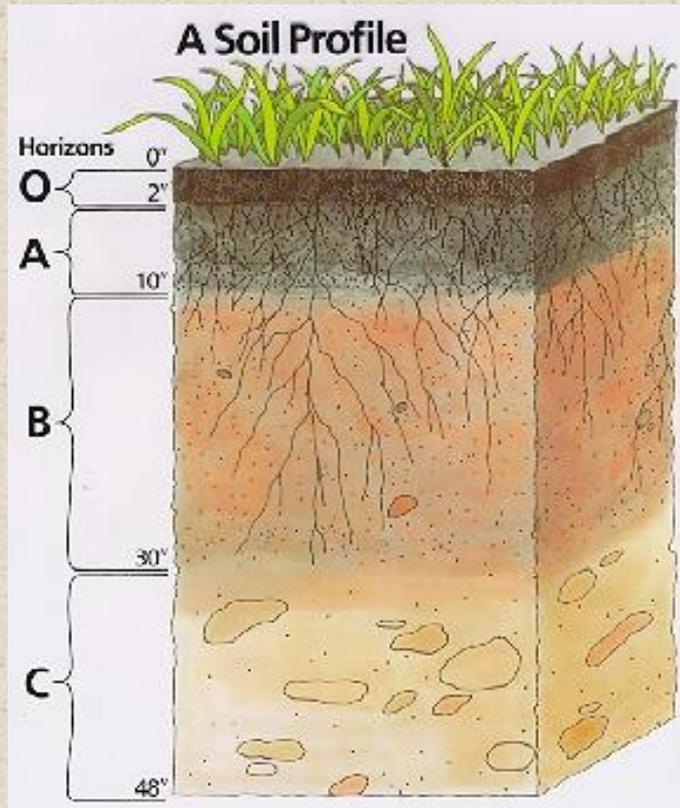


Profilo di un suolo

Si sviluppa per effetto dell'alterazione e dei processi pedogenetici



Orizzonti con caratteristiche composizionali e fisiche ben definite

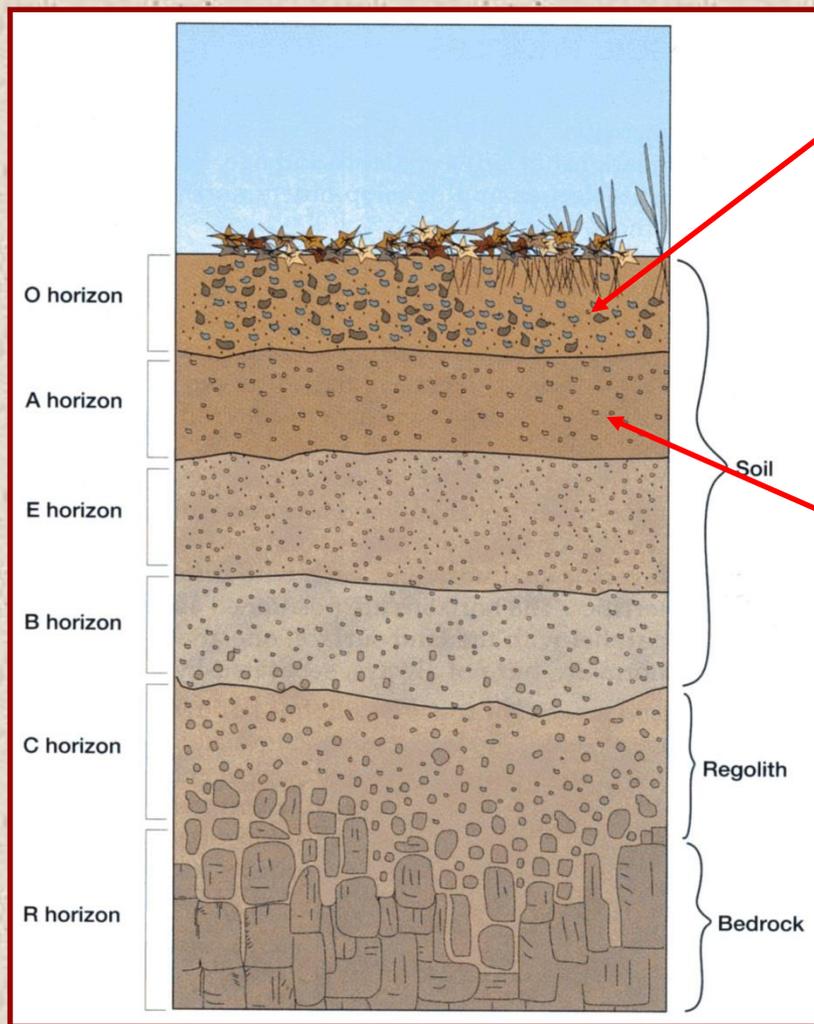


Gli orizzonti principali sono indicati da una lettera maiuscola: O A E B C R

Identificano i processi e classificano i suoli

Un profilo con tutti gli orizzonti è tipico di aree umide e ben drenate

Gli orizzonti di un suolo -1



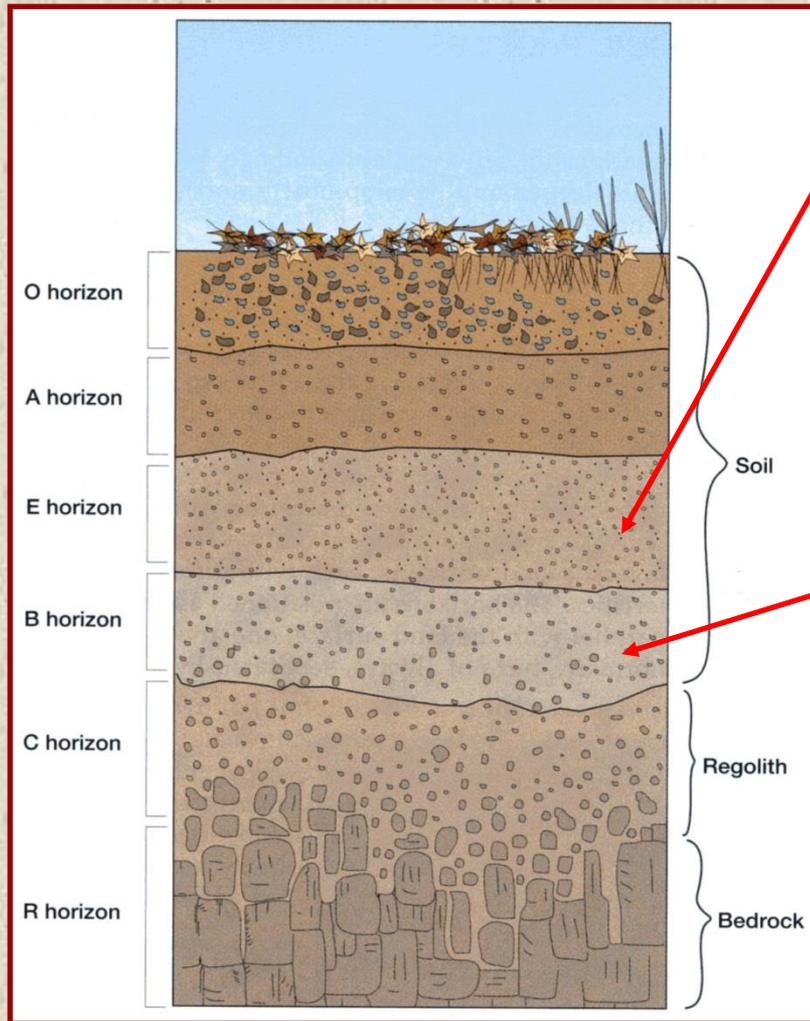
Orizzonte O

- Superficiale
- Sostanza organica non decomposta (lettiera di foglie e frustoli vegetali) o in via di decomposizione (funghi, batteri).
- Preferenzialmente nelle foreste (climi freddi e scarso drenaggio)

Orizzonte A

- Alto contenuto di sostanza organica umificata (colore scuro)
- acidificazione delle acque percolanti
- Struttura grumosa o granulare
- Max attività biologica

Gli orizzonti di un suolo - 2



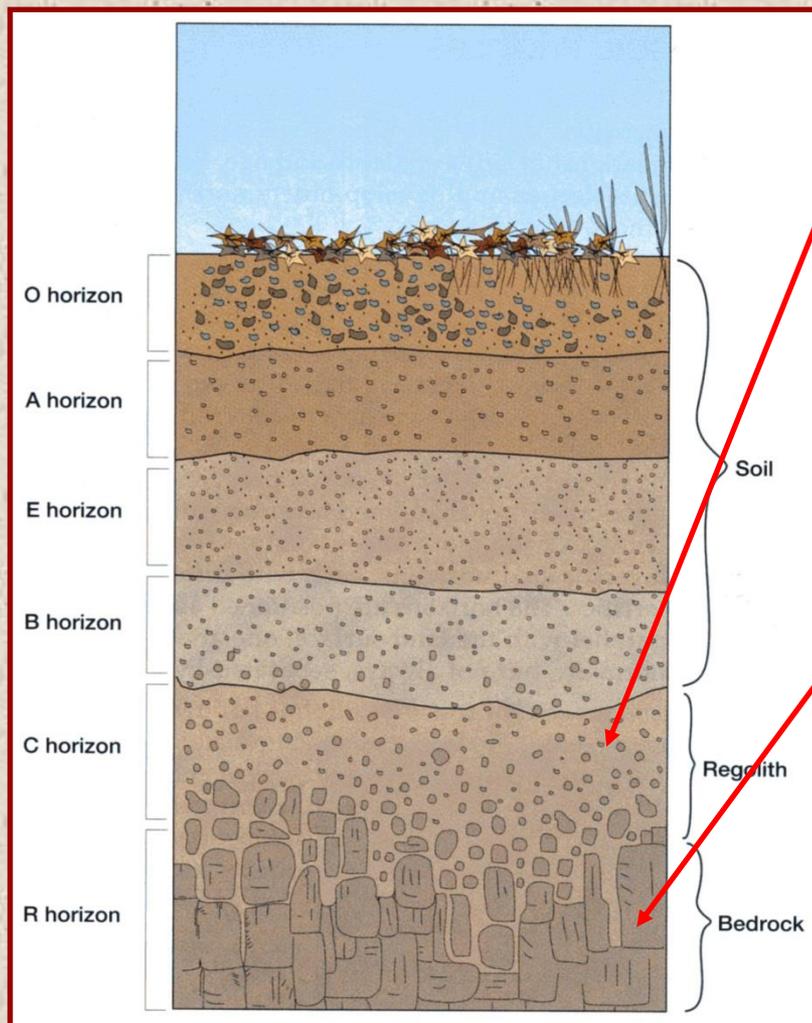
Orizzonte E

- colore più chiaro rispetto ad A e B
- max eluviazione > asportazione fisica frazione argillosa e solubilizzazione ossidi di Al e Fe
- minerali resistenti all'alterazione
- + limo e sabbia

Orizzonte B

- colore giallo-bruno (ossidazione), grigio-giallastro (riduzione)
- max illuviazione > accumulo di argille, ossidi di Fe e Al, silice, solfati, carbonati dall'orizzonte A
- struttura a blocchi, granulare e prismatica
- scarsa sostanza organica

Gli orizzonti di un suolo - 3



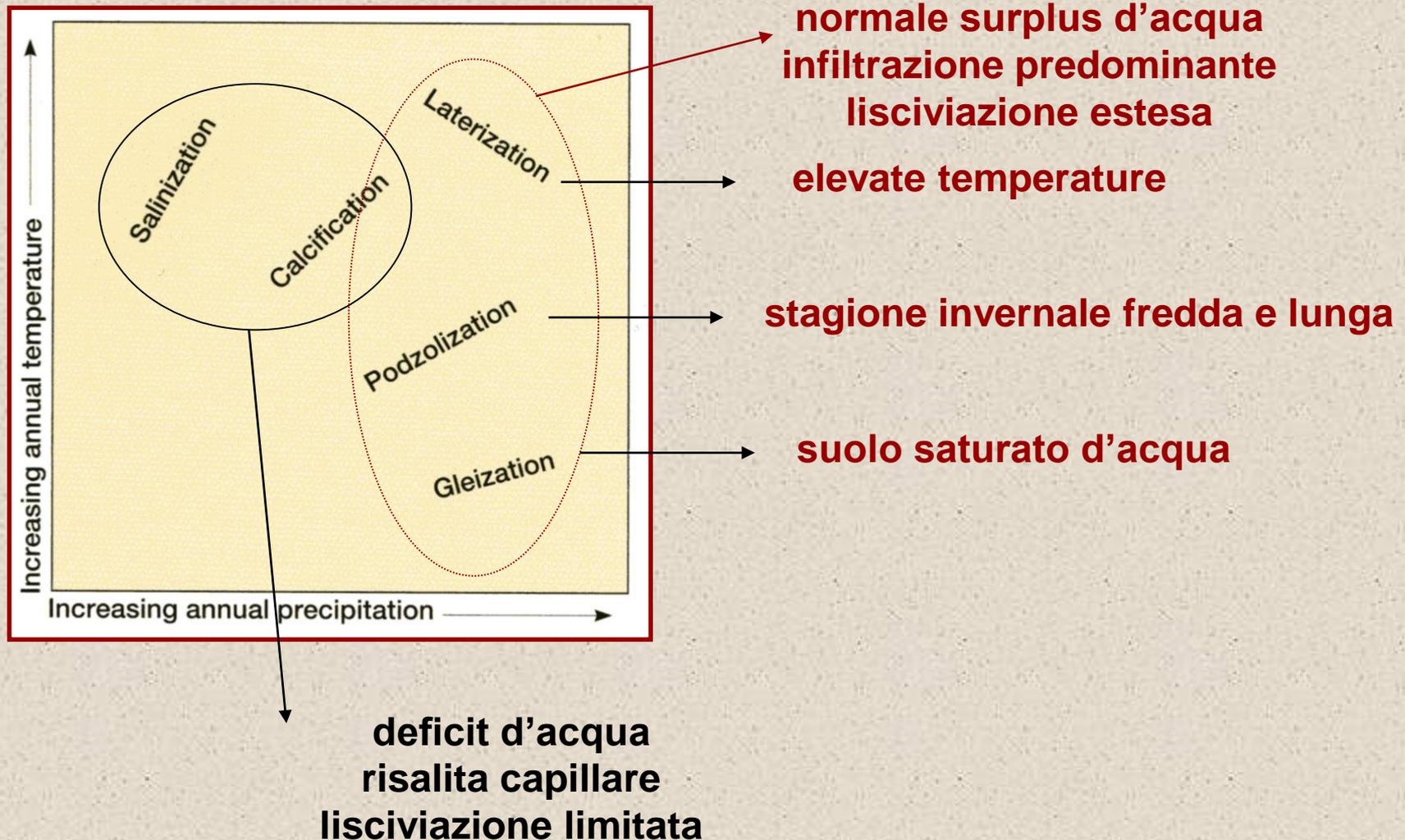
Orizzonte C

- materiale incoerente simile alla roccia originaria
- assenza di pedogenesi solo alterazione
- eventuali depositi carbonatici ed evaporitici

Orizzonte R

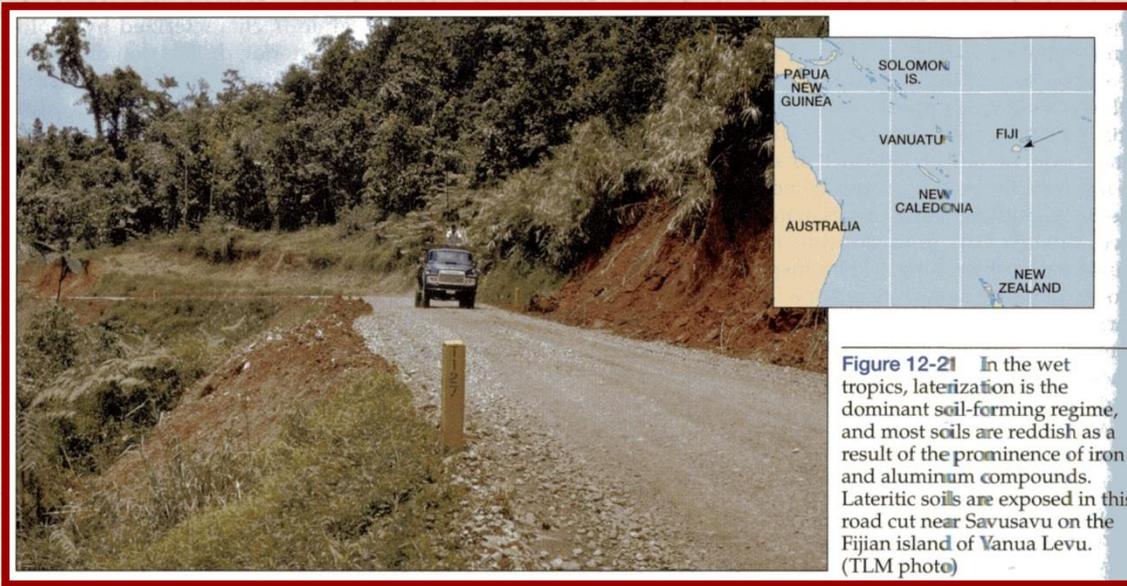
- substrato roccioso
- fratture favoriscono la penetrazione delle radici

Clima e regimi pedologici



I principali regimi pedogenetici: laterizzazione

climi tropicali ad elevata T e pioggia



Roccia madre: ignea femica

Forte lisciviazione in A (idrolisi dei silicati)



Accumulo di ossidi insolubili di Fe ed Al in B (rosso)

- estesa vegetazione
- veloce decomposizione di s.org. ed assorbimento dei nutrienti
- formazione di croste di composti di Al e Fe > difficoltà nella coltivazione



I principali regimi pedogenetici: podzolizzazione*

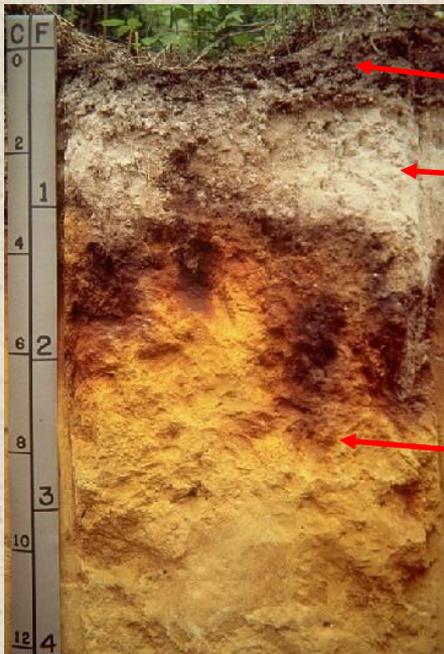
**dal russo podzol = simile a cenere*

**regione fredde e umide
delle alte latitudini**

zone montuose di Alpi ed Appenini

**foreste di conifere > vegetazione
acidificante a lenta decomposizione**

PROFILO TIPICO



Orizzonte A
accumulo di sost. org. poco umificata

Orizzonte E
colore chiaro, cinereo
forte eluviazione di argille e Fe
tessitura sabbiosa-siltosa

Orizzonte B
arancione scuro
deposito di idrossidi di Al e Fe
accumuli di sostanza organica

I principali regimi pedogenetici: gleizzazione*

**dal polacco glej=terreno fangoso*

climi freddi

zone pianeggianti o depresse

presenza della falda acquifera



ristagno d'acqua



no migrazione

Fe²⁺ associato a composti poco solubili, alle argille, carbonato ferroso, idrossido ferroso e pirite

orizzonti grigio, grigio-verdastri (gley)



I principali regimi pedogenetici: carbonatazione e salinizzazione



climi aridi e semiaridi



**precipitazioni \leq
evapotraspirazione
(praterie Nord America,
savana e steppe subtropicali)**



acqua piovana



infiltrazione e acidificazione

dissoluzione dei carbonati
 $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 > \text{Ca} (\text{HCO}_3)_2$

**risalita di fluidi per capillarità
formazione di crostoni carbonatici
(diminuzione CO_2 o aumento pH e T)**

**evapotraspirazione $>>$
precipitazione drenaggio
inadeguato**



**precipitazione di cloruri e solfati
in superficie**



vegetazione inibita



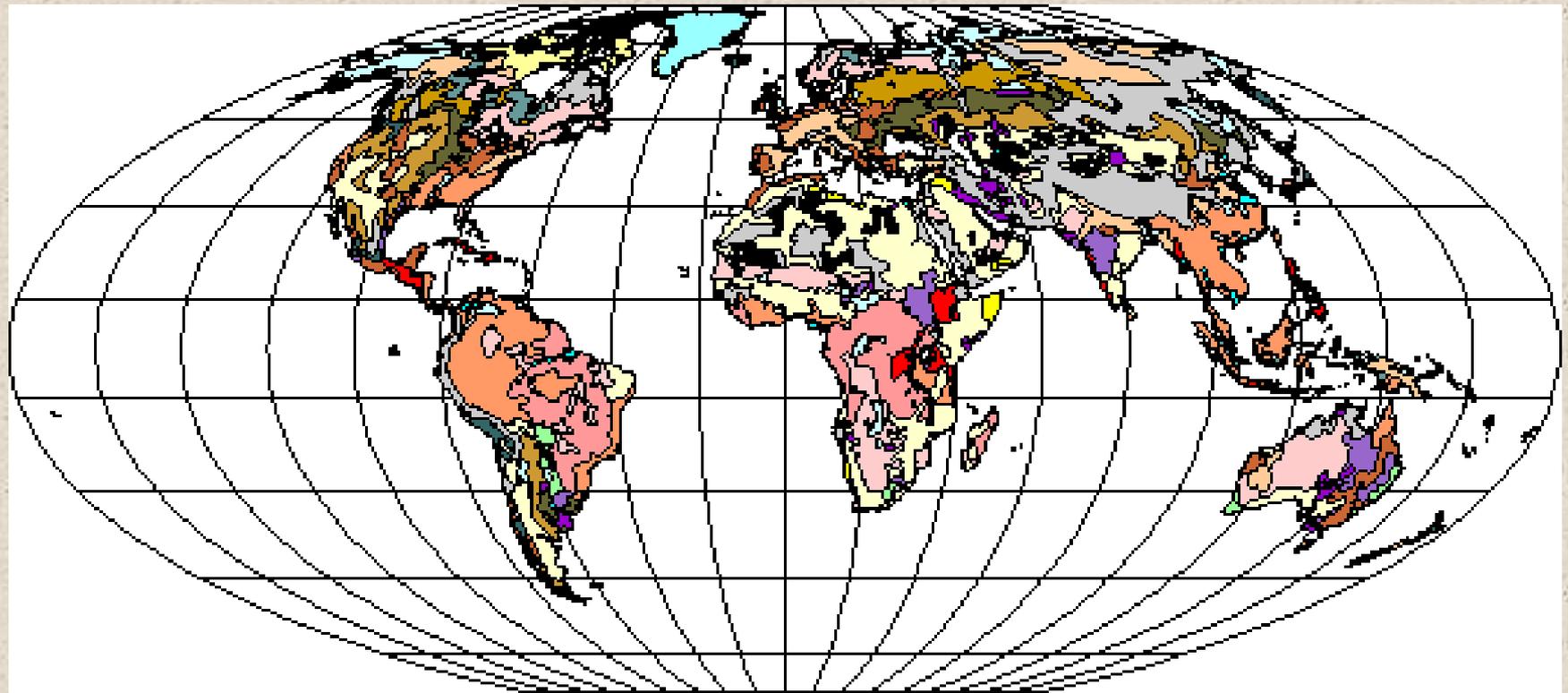
Classificazione dei suoli

- 1) **classificazione di tipo climatico (superata!): differenze composizionali**
PEDALFER = climi umidi, suoli acidi, lisciviazione attiva in A, accumulo di argille ed ossidi di Fe ed Al in B
PEDOCAL = suoli alcalini, clima secco, accumulo anche di carbonati in B

- 2) **classificazioni nazionali (es. Francia, Canada, Russia, UK, Australia, USA) (più moderne): clima, tessitura, roccia madre, grado di maturità (processi pedogenetici), estensione → uso del suolo**
 - **USDA Soil Taxonomy (1975) del Dipartimento dell'Agricoltura degli USA: classificazione gerarchica e filogenetica (12 ordini geneticamente omogenei e successivi livelli inferiori)**

- 3) **Classificazione FAO Unesco (1961-1988)**
 - **Sintetica**
 - **Rappresentabilità nella Carta dei suoli del mondo (1:5.000.000)**
 - **2 categorie: 25 classi nella categoria principale, aggettivo per la seconda**

Classificazione FAO Unesco (1988)



Fluvisols, Gleysols, Cambisols (FL)	Acrisols, Alisols, Plinthosols (AC)	Luvisols, Cambisols (LV)	Andosols (AN)	Shifting Sands
Leptosols (LP)	Plinthosols (PT)	Podzols, Histosol (PZ)	Calcisols, Cambisols, Luvisols (CL)	Waterbodies
Vertisols (VR)	Gleysols, Histosols, Fluvisols (GL)	Nitosols, Andosols (NT)	Kastanozems, Soloneta (KS)	
Gypsisols, Calcisols (GY)	Arenosols (AR)	Histosols, Gleysols (HS)	Planosols (PL)	
Chernozems, Phaeozems, Greyzems (CH)	Cambisols (CM)	Glaciers	Lixisols (LX)	
Podzoluisols, Luvisols (PD)	Solonchaks, Soloneta (SC)	Regosols, Cambisols (RG)	Ferrosols, Acrisols, Nitosols (FR)	

4) Il World Reference Base for soil resources (WRB, 2006)

In collaborazione tra FAO e *International Soil Reference and Information Centre (ISRIC)*; ha sostituito la precedente classificazione dei suoli FAO Unesco.

Gli obiettivi sono:

- sviluppare un sistema internazionalmente accettabile per delineare la risorsa suolo, usando come struttura la Legenda FAO Unesco
- fornire tale struttura di una consistente base scientifica
- riconoscere entro la struttura, importanti relazioni spaziali di suoli e di orizzonti di suoli caratterizzati da sequenze caratteristiche;
- enfatizzare la caratterizzazione morfologica dei suoli.

2 livelli di dettaglio categorico:

- 1) la “base di riferimento” (Reference Base), limitata solo al primo livello, con **32 gruppi pedologici di riferimento**;
- 2) le “unità di suolo di riferimento” (WRB Classification System), un secondo livello, che consiste in **combinazioni di un gruppo di prefissi qualificatori**, che vengono aggiunti ai gruppi pedologici di riferimento, e che consentono una caratterizzazione e classificazione molto precisa di profili di suolo individuali.



World reference base for soil resources 2014

International soil classification system
for naming soils and creating legends for soil maps

Update 2015



TABLE 2

Simplified guide to the WRB Reference Soil Groups (RSGs) with suggested codes

Note – this table is not to be used as a key. For full definitions, please refer to Chapter 3 and the Key (Chapter 4).

	RSG	Code
1. Soils with thick organic layers:	Histosols	HS
2. Soils with strong human influence –		
With long and intensive agricultural use:	Anthrosols	AT
Containing significant amounts of artefacts:	Technosols	TC
3. Soils with limitations to root growth –		
Permafrost-affected:	Cryosols	CR
Thin or with many coarse fragments:	Leptosols	LP
With a high content of exchangeable Na:	Solonetz	SN
Alternating wet-dry conditions, shrink-swell clays:	Vartisols	VR
High concentration of soluble salts:	Solonchaks	SC
4. Soils distinguished by Fe/Al chemistry –		
Groundwater-affected, underwater and in tidal areas:	Gleysols	GL
Allophanes or Al-humus complexes:	Andosols	AN
Subsoil accumulation of humus and/or oxides:	Podzols	PZ
Accumulation and redistribution of Fe:	Plinthosols	PT
Low-activity clay, P fixation, many Fe oxides, strongly structured:	Nitisols	NT
Dominance of kaolinite and oxides:	Ferralsols	FR
Stagnating water, abrupt textural difference:	Planosols	PL
Stagnating water, structural difference and/or moderate textural difference:	Stagnosols	ST
5. Pronounced accumulation of organic matter in the mineral topsoil –		
Very dark topsoil, secondary carbonates:	Chernozems	CH
Dark topsoil, secondary carbonates:	Kastanozems	KS
Dark topsoil, no secondary carbonates (unless very deep), high base status:	Phaeozems	PH
Dark topsoil, low base status:	Umbrisols	UM
6. Accumulation of moderately soluble salts or non-saline substances –		
Accumulation of, and cementation by, secondary silica:	Durisols	DU
Accumulation of secondary gypsum:	Gypsisols	GY
Accumulation of secondary carbonates:	Calcisols	CL
7. Soils with clay-enriched subsoil –		
Interfingering of coarse-textured, lighter coloured material into a finer-textured, stronger coloured layer:	Retisols	RT
Low-activity clays, low base status:	Acrisols	AC
Low-activity clays, high base status:	Lixisols	LX
High-activity clays, low base status:	Alisols	AL
High-activity clays, high base status:	Luvissols	LV
8. Soils with little or no profile differentiation –		
Moderately developed:	Cambisols	CM
Sandy:	Arenosols	AR
Stratified fluviatile, marine and lacustrine sediments:	Fluvisols	FL
No significant profile development:	Regosols	RG